سازمان نظام مهندسی ساختمان استان سمنان

معماری پایدار و روش های صرفه جویی انرژی در ساختمان

مدرس :دکتر سعید مقیمی

شهریور ماه ۱۳۹۹

۱
روش های محاسبه مصرف انرژی

۲
روش های مبتنی بر روش های پایدار

۳
مباحث نور و صدا

۴
معماری هوشمند

تعریف ممیزی انرژی

- ممیزی انرژی مجموعه اقداماتی است که برای شناسایی، چگونگی مقادیر و موقعیت‌های مصرف انرژی در یک فعالیت یا فرایند، انجام و طی آن فرصت‌ها و امکانات صرفه‌جویی انرژی مشخص می‌شود و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

ممیزي انرژی در ساختمان

- ممیزی انرژی در ساختمان شامل یک معاینه دقیق به منظور تعیین چگونگی مصرف انرژی واحد، برآورد میزان هزینه های اولیه و در نهایت ارائه یک برنامه پیشنهادی جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان میباشد .

مدیریت مصرف انرژي

- پس از بحران نفتی سال ۱۹۷۳ میلادی (۱۳۵۲ شمسی) مبحث صرفه جویی انرژی در سطح جهان اهمیت خاصی پیدا نمود. به لحاظ کمبود صادرات نفتی از یک طرف و صعود قیمتها از طرف دیگر، نگرشهای جدیدی در خصوص مصرف انرژی شکل گرفت. در این میان، نگرش صرفه جویی انرژی بر اساس حفظ و نگهداری صحیح از سیستمها بهترین راهکار و عکس العمل محسوب میشود، چرا که از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه است.

مدیریت مصرف انرژي

- مدیریت مصرف به مجموعه روش ها و اقداماتی گفته می شود که برای بهینه سازی مصرف به کار گرفته میشود. این روش ها معمولا به سه گروه تقسیم می شوند :
  - *گروه اول: روشهایی هستند که هزینه ای نداشته باشند*
  - *گروه دوم: روش هایی هستند که هزینه دارند اما این هزینه ها چندان زیاد نیست (روش های کم هزینه)*
  - *گروه سوم: روشهای پرهزینه هستند.*

مراحل برنامه ریزي مدیریت انرژي

۱. برنامه ریزی مدیریت انرژی شامل مراحل نه گانه زیر میباشد:

۲. کسب نظر مدیریت ساختمان جهت اجرای اقدامات بهینه سازی

۳. کسب و جلب نظر ساکنین ساختمان به منظور اجرای موفق راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی از طریق برگزاری سمینارهای حساس سازی و دوره های آموزشی

۴. بررسی وضعیت موجود ساختمان از منظر جنبه های عمومی و مصارف انرژی و یا به عبارت دیگر اجرای ممیزی کوتاه مدت

۵. شناسایی مشکلات و مشخص نمودن راه حلهای اجرایی از طریق بررسی دادههای ممیزی انرژی و تخمین سرمایه گذاری های مورد نیاز جهت اجرایی نمودن راهکارها

مراحل برنامه ریزي مدیریت انرژي

۶. هدفگذاری جهت صرفهجویی انرژی برای یک دوره ۳ تا ۵ ساله برحسب درصد و یا BTU مصرفی به ازای مترمربع ساختمان

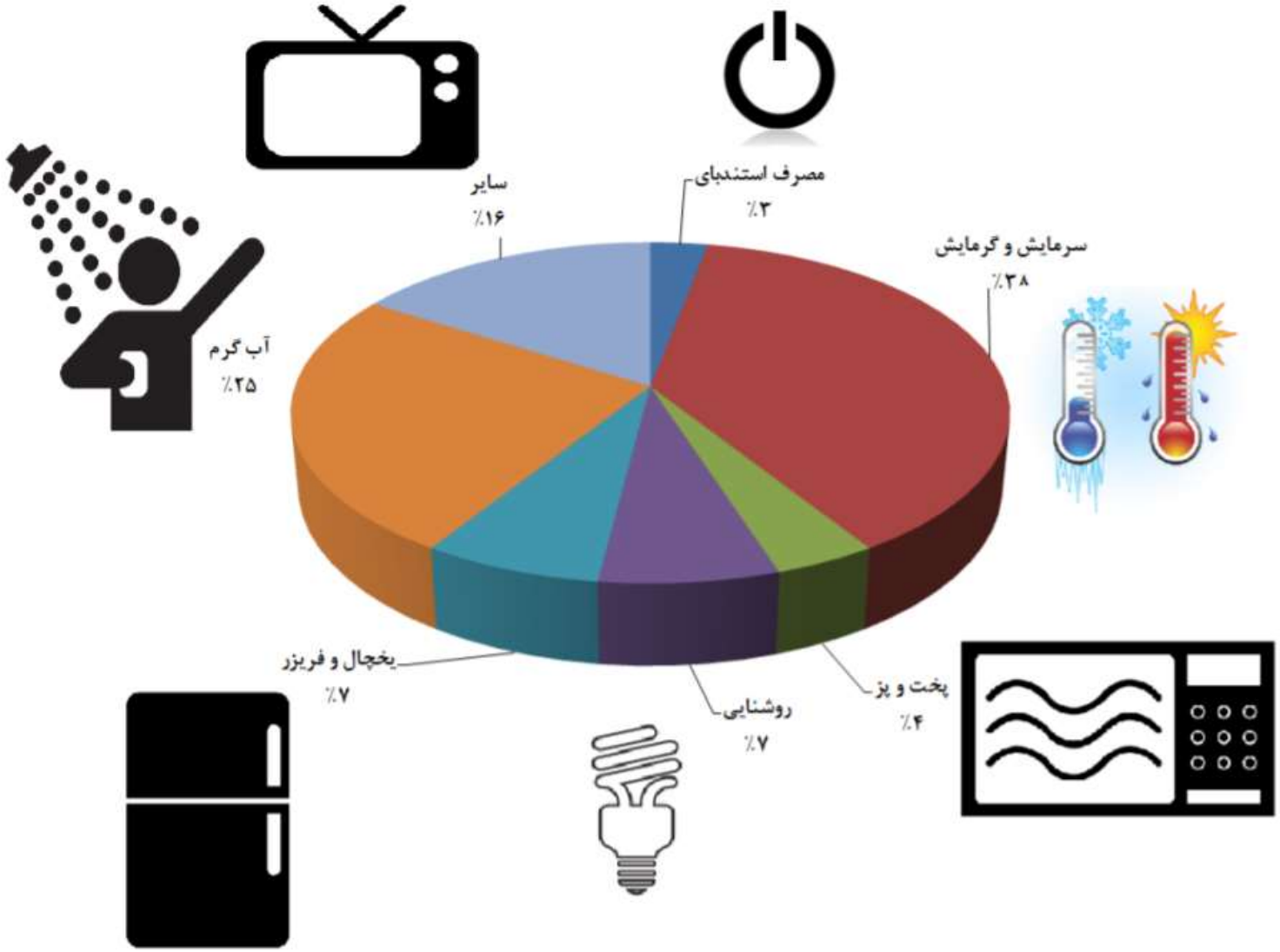
۷. ثبت مستمر مصارف انرژی

۸. تقسیم مسئولیت بین ساکنین جهت اجرای به موقع کارها

۹. پایش مستمر نتایج حاصل از اجرای اقدامات به صورت دوره های زمانی مشخص و بررسی هر نوع تغییر در مصارف مختلف انرژی

۱۰. تدوین و به روز نمودن راهکارها بر اساس یافته های بدست آمده، برای حصول بهترین شرایط صرفه جویی

اهمیت مدیریت انرژي در بخش خانگي



مدرس :دکتر سعید مقیمی

میزان صرفه جویي قابل دستيابي

- بدون شک سؤالی که برای هر فرد مطرح خواهد شد، آن است که چقدر انرژی را میتوان صرفه جویی کرد؟ چه نوع اقداماتی باید به اجراء گذارده شوند و بازدهی هر اقدام در کل صرفه جویی چقدر خواهد بود؟ در جدول زیر، فهرست پاره ای از اقدامات متداول به همراه اثر بخشی هر یک از آنها ارائه شده است.

میزان صرفه جویي قابل دستیابي

فرصت صرفه‌جویی	میزان اثربخشی
دمای داخل ساختمان در فصل زمستان در حد ۲۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شود	به ازای کاهش هر درجه سانتی‌گراد حدود ۵٪ از هزینه‌های گرمایشی کاسته می‌شود
دمای داخل ساختمان در فصل زمستان در حد ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم شود	به ازای افزایش هر درجه سانتی‌گراد حدود ۳٪ از هزینه‌های سرمایشی کاسته می‌شود
بازدهی مشعل را از طریق بررسی و تنظیم سالانه در بالاترین حد نگهدارید	این عمل موجب صرفه‌جویی هزینه‌های گرمایشی تا حد ۱۰٪ خواهد شد
بازدهی واحدهای سرمایشی را از طریق بررسی و تنظیم سالانه در بالاترین حد نگهدارید	این عمل موجب صرفه‌جویی هزینه‌های سرمایشی تا حد ۱۵٪ خواهد شد
دمای آبگرمکن‌ها که به منظور تامین آب شستشو مورد استفاده واقع می‌شوند را از ۶۰ درجه سانتی‌گراد به ۴۶ درجه کاهش دهید.	چنین کاهشی موجب صرفه‌جویی انرژی بین ۶٪ تا ۱۲٪ می‌شود
از روشنایی روز حداکثر استفاده بعمل آید	با رعایت این موضوع ۵۰٪ تا ۶۰٪ هزینه‌های روشنایی کاهش خواهد یافت
سیستم‌های روشنایی را در بهترین وضعیت ممکن حفظ و نگهداری نمایید	۱۰٪ از هزینه‌های مرتبط با روشنایی کاسته خواهد شد
لامپ‌های اضافی را خاموش کنید	حدود ۱۷٪ از هزینه‌های روشنایی کم خواهد شد.
بطور کلی روشنایی ساختمان را کاهش دهید	۱۵٪ تا ۲۸٪ صرفه‌جویی برای ساختمان‌های جدید و ۲۵٪ تا ۵۰٪ صرفه‌جویی برای ساختمان‌های فعلی حاصل خواهد شد
از پنجره‌های دو جداره استفاده کنید	این عمل موجب صرفه‌جویی انرژی سرمایشی و گرمایشی بین ۱۰٪ تا ۱۳٪ خواهد شد
لوله‌ها و مخازن آب گرم را عایق‌کاری نمایید	این عمل تا ۱۵٪ از هزینه‌های گرمایش آب را کاهش خواهد داد
دیواره‌ها و سقف ساختمان را با عایق مناسب بپوشانید	این عمل تا ۲۰٪ از هزینه‌های سرمایشی و گرمایشی ساختمان را کاهش خواهد داد

راهکارهـاي مدیـریت انـرژي در سـاختمان

- طراحی بهینه ساختمان با توجه به آئین نامه ها و مقررات نظام مهندسی ساختمان به ویژه مبحث ۱۹ مقررات ساختمان
- استفاده از عایقکاري مناسب
- استفاده از درها و پنجره هاي دوجداره
- عایقکاري مخازن آب گرم
- تدوین و ابلاغ استانداردهاي مصرف انرژي در مصالح ساختمانی
- تدوین برچسب انرژي در ساختمان ها

راهکارهـاي مدیـریت انـرژي در سـاختمان

- بررسی بازده مشعل ها از طریق بررسی و تنظیم فصلی و سالیانه
- بررسی بازده واحدهاي سرمایشی از طریق بررسی و تنظیم فصلی و سالیانه
- طراحی بهینه سیستم روشنایی در ساختمانها
- استفاده از سیستم هاي کنترلی (کلیدهاي تایمردار و سیستم هاي مدیریت انرژي BEMSدر ساختمان)
- آموزش، آگاهسازي و اطلاع رسانی در محور ساختمان

روش شناسی ممیزی مصرف انرژی در ساختمان

- **ممیزی میان گذر**

این نوع ممیزی شامل بررسی اجمالی تجهیزات جهت شناسایی گلوگاه های مصرف انرژی و ارایه راهکارهای ساده و کم هزینه است که صرفه جویی قابل توجهی را در هزینه عملیاتی ساختمان باعث می شود. برخی از مهندسین ترجیح می دهند که این گونه ممیزی انرژی ساختمان را در قالب راهکارهای تعمیرات و نگهداری طبقه بندی کنند. بعنوان نمونه این راهکارها می‌توانند شامل تنظیم نقطه دمای گرمایش فضا، جایگزینی پنجره های شکسته، عایق بندی لوله های بیرونی آب یا بخار گرم و تنظیم نسبت سوخت به هوا در بویلر باشد.

روش شناسی ممیزی مصرف انرژی در ساختمان

- **تجزیه و تحلیل هزینه خدمات انرژی**

هدف اصلی این روش ممیزی، تحلیل دقیق هزینه های بهره برداری از تاسیسات انرژی بر می باشد. داده‌های چندین سال گذشته معمولا بمنظور شناسایی الگوی مصرف انرژی، پیک دیماند، تاثیرات آب و هوایی و تعیین پتانسیل روش های مختلف صرفه جویی استفاده می گردد. بمنظور انجام این گونه تحلیل‌ها توصیه می شود که ممیزین انرژی برای کسب اطلاعات در رابطه با تاسیسات و سیستم های انرژی آنها، از بازرسی میانگذر بهره بگیرند.

روش شناسی ممیزی مصرف انرژی در ساختمان

- **ممیزی انرژی استاندارد**

ممیزی استاندارد، امکان تحلیل فراگیر انرژی در سیستم های انرژی تاسیسات را فراهم می کند. علاوه بر فعالیت های که برای ممیزی بازرسی میان گذر و تحلیل هزینه های خدمات انرژی در بخش های قبلی تشریح شد، ممیزی انرژی استاندارد، خط مبنایی را برای مصرف انرژی تاسیسات، ارزیابی پتانسیل صرفه جویی های انرژی و امکان سنجی راهکارهای صرفه جویی توسعه می دهد.

روش شناسی ممیزی مصرف انرژی در ساختمان

- **ممیزی انرژی تفصیلی**

این روش ممیزی انرژی، فراگیرترین روش بوده، و نوع ممیزی زمان مصرف می باشد. به ویژه، در روش مذکور از تجهیزات اندازه گیری مصرف انرژی برای تمام ساختمان یا برای برخی از سیستم های داخلی ساختمان (بعنوان نمونه در بخش مصرف نهایی: سیستم های روشنایی، تجهیزات اداری، فن ها، چیلر ها و غیره) استفاده می شود. علاوه بر این، برنامه های شبیه سازی بسیار پیچیده ای جهت ممیزی انرژی تفصیلی برای ارزیابی و پیشنهاد جایگزین های مناسب انرژی تاسیسات بکار می روند.

روش‌شناسي مراحل انجام ممیزي انرژي تفصیلي

۱. جمع‌آوری اطلاعات ساختمان و تاسیسات

- جمع آموری داده‌های تاسیساتی حداقل مربوط به سه سال گذشته (جهت شناسایی الگوی تاریخی مصرف انرژی)
- شناسایی نوع سوخت‌های مصرف شده (برق، گاز طبیعی، نفت و غیره) (جهت تعیین نوع سوختی که بیشترین مصرف را داراست).
- فهم و شناخت ساختار تعرفه خدمات (نرخ‌های مصرف و دیماند انرژی) (جهت ارزیابی درمواقعیکه ساختمان برای تقاضای پیک در تنگنا قرار گیرد و امکان خرید سوخت‌های ارزانتر فراهم باشد).
- فراهم کردن پروفیل سالانه دمای متوسط روزانه و ساعتی منطقه برای ساخت مدل خط مبنا مصرف ساختمان و محاسبه ساعت درجه
- تجزیه و تحلیل تاثیر آب و هوا روی مصرف سوخت (جهت نمایاندن هر گونه تغییرات مصرف انرژی مرتبط با بدترین شرایط آب وهوایی).
- انجام تحلیل‌های مصرف انرژی تاسیسات بر حسب کاربری ساختمان و حجم زیربنای آن (شاخص‌های ساختمان از جمله مصرف انرژی بر حسب واحد سطح قابل تعیین هستند) (جهت مقایسه با شاخص‌های بهینه).

روش‌شناسي مراحل انجام ممیزي انرژي تفصیلي

۲. بازرسی و بررسی ساختمان

در این مرحله ضمن بازرسی ساختمان و مصاحبه با اپراتور، اطلاعات لازمه تکمیل شده، و پتانسیل راهکارهای صرفه جویی انرژی شناسایی می‌شوند. نتایج این مرحله اهمیت ویژه ای دارند؛ چرا که تعیین می کنند که آیا ساختمان موردنظر به ممیزی انرژی گسترده‌تری نیاز دارد یا نه؟

- شناسایی معضلات و نیاز های مصرف کنندگان
- ارزیابی و تایید روش‌های بهره‌برداری و تعمیر - نگهداری موجود
- تعیین شرایط بهره برداری فعلی از تجهیزات اصلی مصرف انرژی (روشنایی، سیستم‌های HVAC، موتورها و غیره)
- تخمین فضای اشغال شده تجهیزات و روشنایی (چگالی مصرف انرژی و ساعات بهره برداری)

روش‌شناسي مراحل انجام ممیزي انرژي تفصیلي

۳. خط مبنا برای مصرف انرژی ساختمان

هدف اصلی در این مرحله توسعه مدل مبنایی است که مصرف انرژی تحت شرایط بهره برداری ساختمان را تشریح کند. این مدل، مرجعی است که میزان کاهش مصرف انرژی را با اجرای راهکارهای مختلف صرفه جویی تخمین می زند. وظایف موردنظر در این گام عبارتند از:

- تحصیل و بازبینی نقشه های معماری/ مکانیکی/ الکتریکی و کنترلی ساختمان
- بازبینی، تست و ارزیابی تجهیزات ساختمانی از لحاظ بازدهی، عملکرد و قابلیت اطمینان
- تحصیل زمانبندی‌های اشغال و بهره برداری از تجهیزات (مثل سیستمهای روشنایی و سیستم HVAC)
- توسعه یک مدل خط مبنا برای انرژی ساختمان
- کالیبره کردن مدل خط مبنا با استفاده از داده های تاسیساتی و/یا داده های اندازه گیری شده.

روش‌شناسي مراحل انجام ممیزي انرژي تفصیلي

۴. ارزیابی راهکارهای صرفه جویی انرژی

- در این مرحله، لیستی از راهکارهای اقتصادی صرفه جویی انرژی باتکیه بر پتانسیل کاهش مصرف انرژی و تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی مشخص می شوند. جهت نیل به این اهداف، انجام وظایف زیر لازم است:

  - تهیه لیستی فراگیر از راهکارهای صرفه جویی انرژی (با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در بازرسی میان گذر)
  - تعیین صرفه جویی انرژی در نتیجهء اعمال و اجرای راهکارهای صرفه جویی انرژی متفاوت در ساختمان با استفاده از مدل مبنای توسعه یافته درمرحله ۳
  - تخمین هزینه های اولیه اجرای راهکارهای صرفه‌جویی انرژی
  - ارزیابی به صرفه بودن هر راهکار صرفه جویی انرژی با استفاده از روش تحلیل‌های اقتصادی (دوره بازگشت سرمایه ساده یا تجزیه وتحلیل هزینه دوره کار کرد).

تعیین شاخص مصرف انرژی

معیار محاسبه شاخص مصرف انرژی ساختمان می‌تواند از معیارهای ساده مانند ضریب انتقال حرارت پوسته خارجی ساختمان تا معیارهای پیچیده مانند میزان مصرف انرژی ساختمان، متغیر باشد.
در کشور ما که از حامل‌های مختلف انرژی در ساختمان استفاده می‌شود، مناسبترین روش استفاده از انرژی اولیه مصرفی در مبدا است که برای ساختمان‌های موجود بر اساس قبوض برق و سوخت تعیین شده و برای ساختمان‌های در حال ساخت بایستی محاسبه شود

برای تعیین معیار مصرف انرژی و برای برچسب‌دهی به ساختمان عوامل تاثیرگذار زیر در نظر گرفته شده است:

- شرایط اقلیمی؛
- نوع کاربری.

تعیین شاخص مصرف انرژی

- شرایط اقلیمی

یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار در میزان مصرف انرژی ساختمان شرایط اقلیمی و اب و هوایی منطقه جغرافیایی محل استقرار ساختمان است. عواملی مانند دمای هوا، رطوبت نسبی، تابش خورشید، سرعت باد و میزان ارتفاع از سطح دریا بر مصرف انرژی ساختمان اثر گذار می‌باشند.

با توجه به گستردگی اقلیمی کشور و وجود مناطق با شرایط مختلف آب و هوایی وجود تقسیم‌بندی اقلیمی برای تعیین میزان مصرف انرژی الزامی است. در حال حاضر کامل ترین تقسیم‌بندی اقلیمی، تقسیم‌بندی ۸گانه رسمی است که با تطبیق تقسیم بندی اقلیمی زمستانی و تابستانی کشور به دست آمده و در آن مناطق مختلف بر اساس شرایط سالیانه دما و رطوبت طبقه بندی می شوند

تعیین شاخص مصرف انرژی

- شرایط اقلیمی

جدول ۱- تقسیم بندی ۸ گانه اقلیمی کشور

ردیف	نوع اقلیم	میانگین حداکثر دما در تابستان °C	میانگین رطوبت نسبی در تابستان ٪	میانگین حداقل دما در زمستان °C	میانگین رطوبت نسبی در زمستان ٪	نمونه شهر
۱	بسیار سرد	۳۰- ۲۵	۵۵- ۴۵	۱۰- تا ۵-	۷۵- ۶۵	سراب
۲	سرد	۴۰- ۳۵	۴۰- ۲۵	۱۰- تا ۵-	۷۵- ۶۵	تبریز
۳	معتدل و بارانی	۳۰- ۲۵	بیشتر از ۶۰	۵- ۰	بیشتر از ۶۰	رشت
۴	نیمه معتدل و بارانی	۳۵- ۳۰	بیشتر از ۵۰	۵- ۰	بیشتر از ۶۰	مغان
۵	نیمه خشک	۴۰- ۳۵	۴۵- ۲۰	۵- ۰	۶۰- ۴۰	تهران
۶	گرم و خشک	۴۵- ۳۵	۲۰- ۱۵	۵- ۰	۵۰- ۳۵	زاهدان
۷	بسیار گرم و خشک	۵۰- ۴۵	۳۰-۲۰	۱۰- ۵	۷۰- ۶۰	اهواز
۸	بسیارگرم و مرطوب	۴۰-۳۵	بیشتر از ۶۰	۲۰- ۱۰	بیشتر از ۶۰	بندر عباس

تعیین شاخص مصرف انرژی

- کاربری

استاندارد موجود جهت تعیین رده مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی در حال ساخت و موجود کاربرد دارد. در این استاندارد ساختمان‌های مسکونی به دو دسته ساختمان‌های کوچک، با مساحت زیربنای مفید کمتر از ۱۰۰۰ m^2 و ساختمان‌های بزرگ، با مساحت زیربنای مفید بیشتر از ۱۰۰۰ m^2 کاربرد دارد

روش محاسبه و تعیین برچسب انرژی ساختمان

جهت تعیین رده مصرف انرژی ساختمان در هر اقلیم در ابتدا بایستی میزان مصرف انرژی اولیه ساختمان مورد نظر را مشخص نمود. در ساختمان‌های موجود قبوض مصرف انرژی روشی برای تعیین میزان مصرف انرژی ساختمان می‌باشد لیکن در مورد ساختمان‌های در حال ساخت با محاسبه میزان مصرف انرژی تعیین می‌شود.

روش محاسبه و تعیین برچسب انرژی ساختمان

- ساختمان های موجود

در ساختمان‌های موجود می‌توان از قبوض مصرف انرژی استفاده نمود. به این منظور با دریافت اطلاعات مصرف سوخت و برق یک ساختمان طی ۳ سال گذشته و از رابطه ۱ میزان مصرف اولیه ساختمان مشخص می‌گردد. به این ترتیب در صورتی می‌توان از روش عملکردی برای ساختمان استفاده نمود که حداقل ۳ سال از عمر ساختمان گذشته باشد.

رابطه ۱

$$E_{actual} = \left((\sum_i (Q_{Fi} \times HV_i \times 0.278) + Q_E \times F_C)\right) / A_F$$

روش محاسبه و تعیین برچسب انرژی ساختمان

- ساختمان های موجود

E_{actual} میزان مصرف انرژی سالیانه ساختمان موجود برحسب واحد زیر بنای مفید $(kWh/m^2/year)$؛

Q_{Fi} مجموع مصرف حامل انرژی iام که در هر مورد واحد آن در جدول ۲ مشخص شده است؛

HV_i ارزش حرارتی حامل انرژی iام که در مورد هر نوع سوخت، مقدار آن در جدول ۲ مشخص شده است؛

Q_E مجموع میزان مصرف برق؛

F_C ضریب تبدیل برق به انرژی اولیه (با احتساب راندمان متوسط تولید و توزیع برق در کشور معادل ۲۷ درصد برای تبدیل انرژی الکتریکی مصرفی به معادل انرژی اولیه بر اساس ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۷) مقدار آن معادل ۳۷ در نظر گرفته شده است

A_F مساحت زیر بنای مفید برحسب (m^2)

روش محاسبه و تعیین برچسب انرژی ساختمان

- ساختمان های موجود

جدول۲- ارزش حرارتی سوخت های مختلف

سوخت	واحد مصرف	ارزش حرارتی واحد مصرف (MJ)
گاز طبیعی	Nm^3	۳۷۶۸
گازوییل	lit	۳۷۳
مازوت	lit	۴۱

حجم گاز در شرایط نرمال ۰ °C و ۱atm

روش محاسبه و تعیین برچسب انرژی ساختمان

- ساختمان در حال ساخت

در خصوص ساختمان های در حال ساخت بایستی میزان مصرف انرژی محاسبه شود.

- محاسبه انرژی مصرفی ساختمان در بخش گرمایش و سرمایش

- محاسبه میزان انرژی مصرفی ساختمان در بخش آب گرم مصرفی با توجه به نوع تجهیزات سیستم

- محاسبه میزان انرژی مصرفی در بخش تامین روشنایی با توجه به نوع تجهیزات سیستم

- محاسبه کل انرژی مصرفی ساختمان

برچسب انرژی

برچسب انرژی صفحه‌ای است حاوی اطلاعات مربوط به معیارها و مشخصات ساختمان

اطلاعات مندرج برروی برچسب باید به صورت خوانا و واضح باشد. برچسب باید در محلی نصب شود که به راحتی قابل رویت باشد و علاوه بر آن در شناسنامه فنی ساختمان نیز قرار گیرد.

برچسب انرژی

هر یک از نشانه‌های داده شده در شکل به صورت زیر معرفی می‌شوند:

۱- علامت استاندارد و نام برچسب؛

۲- رده انرژی ساختمان

۳- نسبت انرژی (R) (به بند ۴ مراجعه شود)؛

۴- شاخص مصرف انرژی

۵- کاربری ساختمان

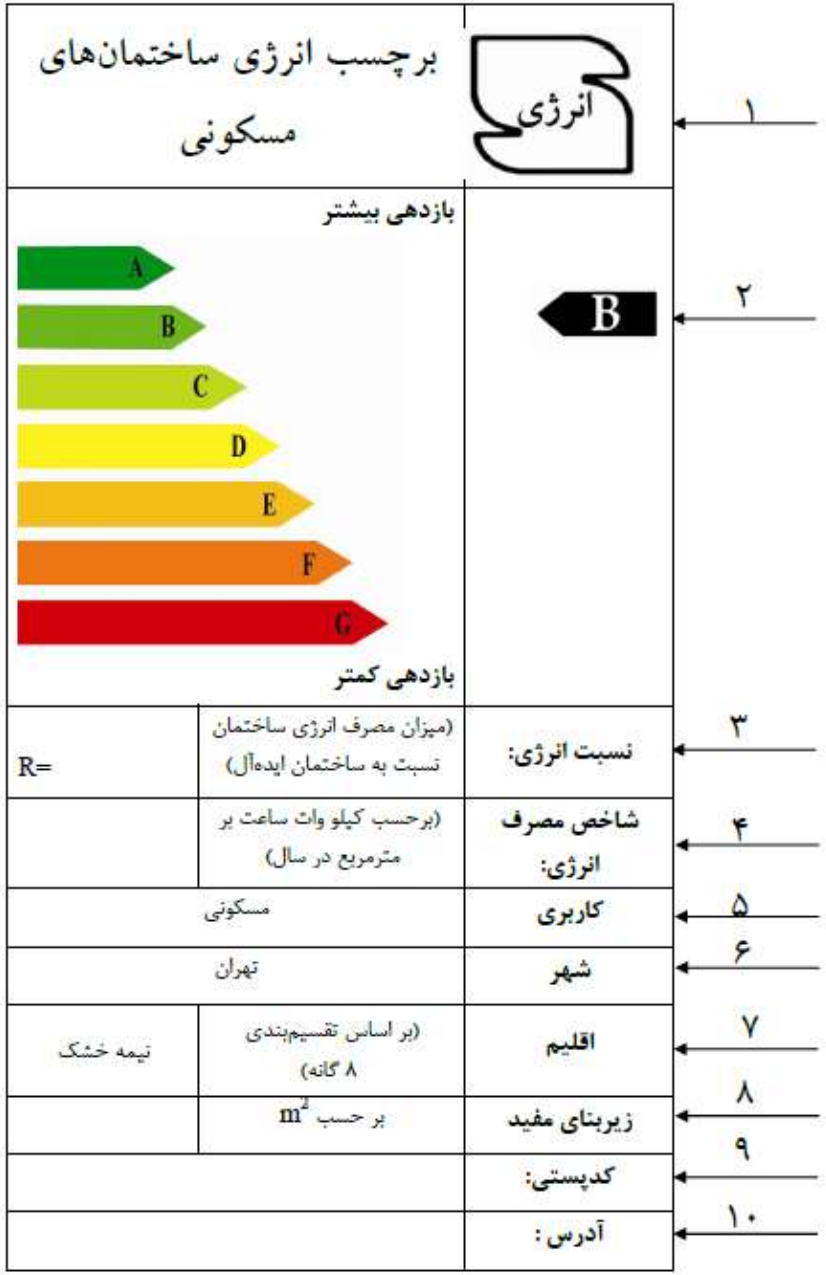
۶- شهر محل قرارگیری ساختمان

۷- اقلیم محل قرارگیری ساختمان

۸- زیر بنای مفید ساختمان

۹- کد پستی محل قرارگیری ساختمان

۱۰-آدرس ساختمان



شکل ۲- موارد مندرج در برچسب انرژی ساختمان های مسکونی

انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

λ = ضریب هدایت حرارت جسم یا عنصر همگن [W/mk] – مقدار λ از جداول به دست می‌آید. در پیوست ۷ مبحث ۱۹ جدید بر حسب وزن مخصوص خشک مقادیر λ مشخص شده است.

R = مقاومت حرارتی یک لایه یا چندلایه و یا تمام یک عنصر

$$R\ [m^2\ K/W] = d\ [m] / \lambda\ [W/mK]$$

انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

- مسئله: محاسبه R

مثال (۱) مقاومت حرارتی 5cm پلی‌استایرن:

$d = 0.05$ [m]

$\lambda = 0.047$ [W/mK] از جدول ص۶۴ مبحث ۱۹ $R = d / \lambda = 0.05 / 0.047 = 1.063$ [m^2K/W]

مثال (۲) مقاومت حرارتی 5cm آهن:

$d = 0.05$ [m]

$\lambda = 72$ [W/mK] از جدول ص۶۵ مبحث ۱۹ $R = d / \lambda = 0.05 / 72 = 0.0007$ [m^2K/W]

انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

- مسئله: محاسبه R

مثال (۳): مقاومت حرارتی 5cm بتن:

$d = 0.05$ [m]

$\lambda = 1.75$ [W/mK] از جدول ص۶۲ مبحث ۱۹ $R = 0.05 / 1.75 = 0.028$ [m^2K/W]

مثال (۴) مقاومت حرارتی 5cm سفال:

$d = 0.05$ [m]

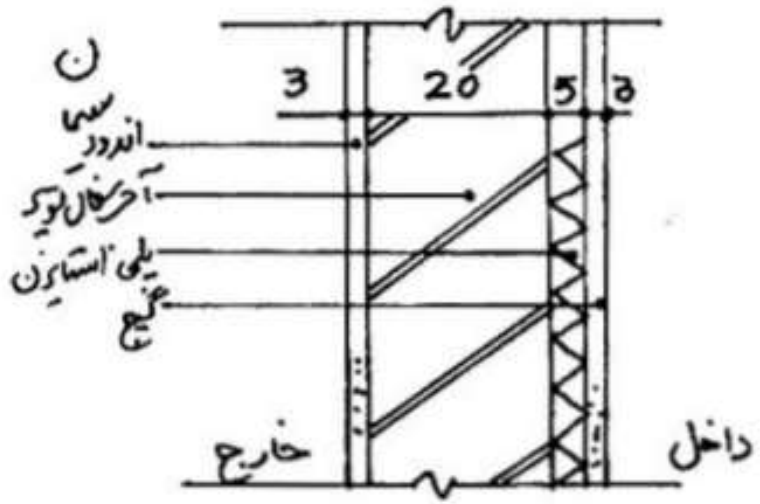
$\lambda = 1.35$ [W/mK] از جدول ص۶۰ مبحث ۱۹ $R = 0.05 / 1.35 = 0.037$ [m^2K/W]

انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

وقتی جسم از لایه‌های متعدد تشکیل شده باشد: $R = \Sigma Ri$

نهایی $R = d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + \ldots + d_n / \lambda_n$

مثال (۶) محاسبه مقاومت حرارتی یک دیوار خارجی:



انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

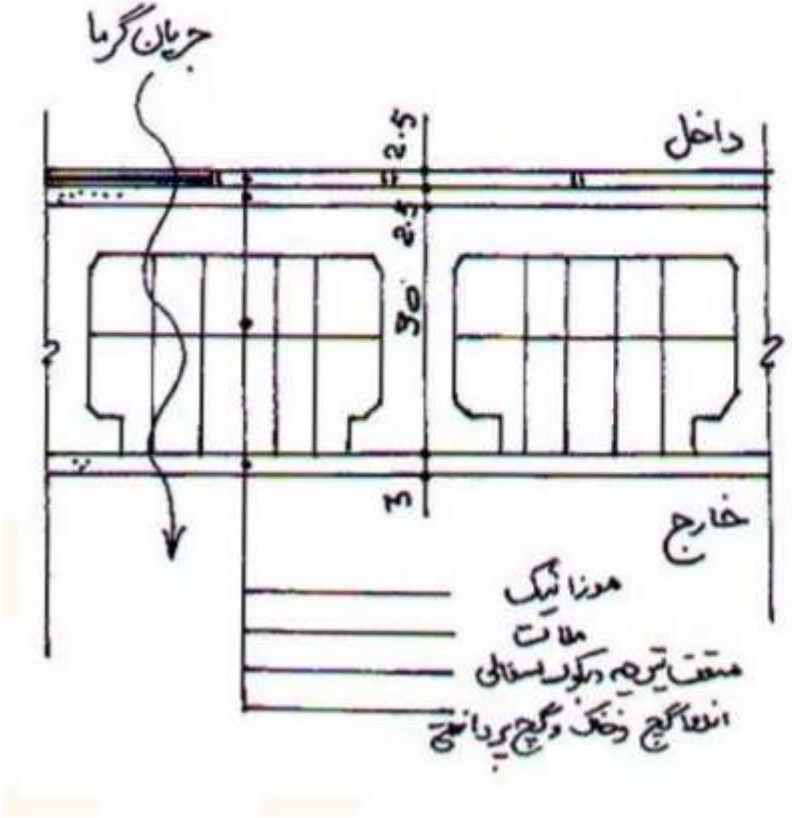
U = ضریب انتقال حرارت عنصر ساختمانی $[W/m^2K]$

$$1/U = \Sigma Ri + 1/h_i + 1/h_e$$

مقادیر $1/h_i$ و $1/h_e$ بستگی دارد به جهت جریان گرما که در پیوست ۸ مبحث ۱۹ ص ۶۷ آمده است.

انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

مثال (۷): وقتی کف مجاور هوای خارج داشته باشیم:



انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

۶۱ مبحث ۱۹ جدید و ص ۷۱ مبحث ۱۹ جدید

لایه‌ها	d [m]	λ	1/h , d/λ
هوای داخل	-	-	0.17
موزائیک	0.025	1.75	0.014
ملات	0.025	1.15	0.021
سقف تیرچه و بلوک	0.03	-	0.35
اندود گچ و خاک و گچ	0.3	0.35	0.085
هوای خارج			0.05

$1/U = 0.69$ $[m^2K/W]$

$U = 1.45$ $[m^2K/W]$

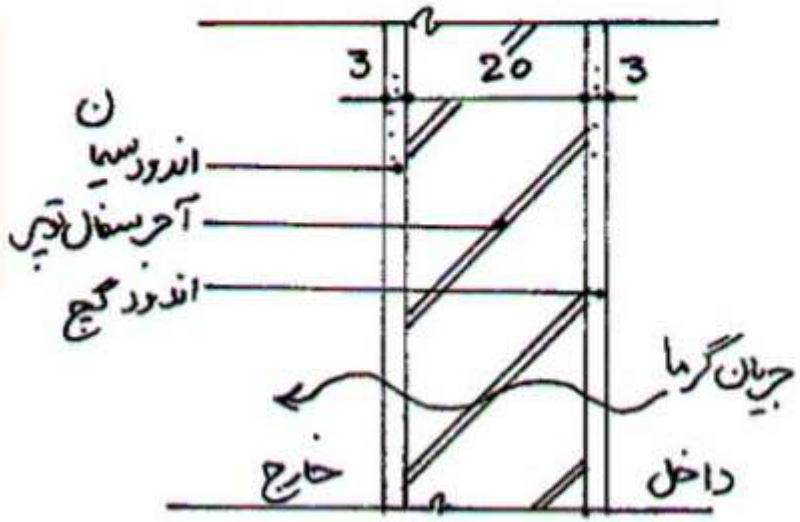
اگر به جای هوای خارج هوای کنترل نشده داشته باشیم:

هوای داخل 0.17 و هوای کنترل نشده 0.17 می‌باشد.

$$1/U = 0.17 + 0.014 + 0.021 + 0.35 + 0.085 + 0.17 = 0.81$$
$$U = 1.23\ [W/m^2K]$$

انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

مثال (۸) دیوار مجاور فضای خارج



انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

لایه‌ها	d	λ	1/h , d/λ
هوای داخل	-	-	0.11
اندود گچ	0.03	0.35	0.085
آجر سفال توپر	0.020	-	0.39
اندود سیمان	0.03	1.15	0.026
هوای خارج	-	-	0.06

$1/U = 0.671 \quad [m^2K/W]$

$U = 1.49 \quad [W/m^2K]$

انتقال حرارت از پوسته خارجی ساختمان

- شاخص انرژی ساختمان (BEI) نسبت کل مصرف انرژی یک ساختمان (کیلو وات ساعت) در هر سال به منطقه ساختمان است.