

بخش ۱ مبحث نوزدهم دقیقاً در مورد چیست؟

مبحث نوزدهم در ویرایش پنجم، مدیریت انرژی در ساختمان را فقط به کم کردن مصرف برق و گاز محدود نمی‌کند. ساختمان در این نگاه، هم مصرف‌کننده و در مواردی تولیدکننده انرژی است؛ عملکرد آن با تولید کربن و دیگر آثار زیست‌محیطی همراه است و می‌تواند در چارچوب ارزیابی و رتبه‌بندی ساختمان سبز نیز بررسی شود.

پس اگر پیش‌تر مبحث ۱۹ را بیشتر با عایق حرارتی، پنجره و تجهیزات کم‌مصرف می‌شناختیم، در ویرایش پنجم باید تصویر کامل‌تری از آن داشته باشیم. ساختمان مجموعه‌ای از اجزای به‌هم‌پیوسته است؛ تصمیمی که برای پوسته گرفته می‌شود، بر کارکرد تأسیسات اثر می‌گذارد و نحوه بهره‌برداری از تجهیزات نیز نتیجه واقعی مصرف انرژی را تغییر می‌دهد.



بخش غیرفعال ساختمان، بیشتر به پوسته خارجی مربوط است؛ یعنی اجزای نورگذر و غیرنورگذر که میان فضای داخل و محیط بیرون قرار می‌گیرند. دیوار، سقف و پنجره فقط عناصر معماری نیستند؛ آن‌ها بر میزان دریافت یا اتلاف انرژی اثر می‌گذارند. در مقابل، **بخش فعال** ساختمان شامل تأسیسات

مکانیکی و الکتریکی است؛ سامانه‌هایی که برای تأمین آسایش، آب گرم، روشنایی و دیگر نیازهای ساختمان انرژی مصرف می‌کنند. عملکرد مناسب انرژی زمانی شکل می‌گیرد که این دو بخش در کنار هم درست طراحی، اجرا و بهره‌برداری شوند.

دامنه الزامات مبحث نیز همین نگاه یکپارچه را نشان می‌دهد. این دامنه، پوسته خارجی نورگذر و غیرنورگذر، سامانه‌های تهویه مطبوع، سامانه‌های تأمین آب گرم مصرفی، تجهیزات و سامانه‌های برقی، روشنایی طبیعی و سامانه روشنایی مصنوعی، انرژی‌های تجدیدپذیر، سامانه پایش و زیرپایش مصرف انرژی، سامانه مدیریت یکپارچه ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های موجود را دربرمی‌گیرد.

در نتیجه، مدیریت انرژی فقط انتخاب یک تجهیز کم‌مصرف نیست. ساختمانی را تصور کنید که تجهیزات مناسبی دارد، اما نمی‌دانیم هر بخش آن چه مقدار انرژی مصرف می‌کند. در چنین وضعی، تشخیص محل اتلاف یا مصرف غیرعادی دشوار خواهد بود. به همین دلیل، **پایش و زیرپایش مصرف انرژی** در دامنه مبحث قرار گرفته است؛ ابتدا باید مصرف را بشناسیم تا بتوانیم آن را کنترل و بهینه کنیم.

تست ۴

ساختمان مسکونی با مساحت فضای کنترل شده ۳۰۰۰ مترمربع در شهر تبریز احداث شده است. میزان انرژی مصرفی در محل ساختمان در یک سال $441,000 \text{ kWh}$ و میزان انرژی اولیه آن $294,000 \text{ kWh}$ گزارش شده است. رده انرژی ساختمان کدام است؟



- A - ۱
- B - ۲
- C - ۳
- D - ۴

پاسخ تشریحی

ابتدا باید اقلیم محل ساختمان مشخص شود. با مراجعه به پیوست ۲، شهر تبریز در اقلیم ۴B قرار می‌گیرد. از آنجا که ساختمان مسکونی است و مساحت آن ۳۰۰۰ مترمربع است، در پیوست ۳ باید ردیف مسکونی با مساحت ۳۰۰۰ مترمربع و بیشتر انتخاب شود و سپس ستون مربوط به اقلیم ۴B مورد استفاده قرار گیرد. برای این ردیف در اقلیم ۴B، حداکثر شدت مصرف انرژی برای رده‌های مختلف به صورت زیر است:

- A = ۴۹
- B = ۹۸
- C = ۱۴۶
- D = ۱۹۵

اکنون شدت مصرف انرژی ساختمان را محاسبه می‌کنیم:

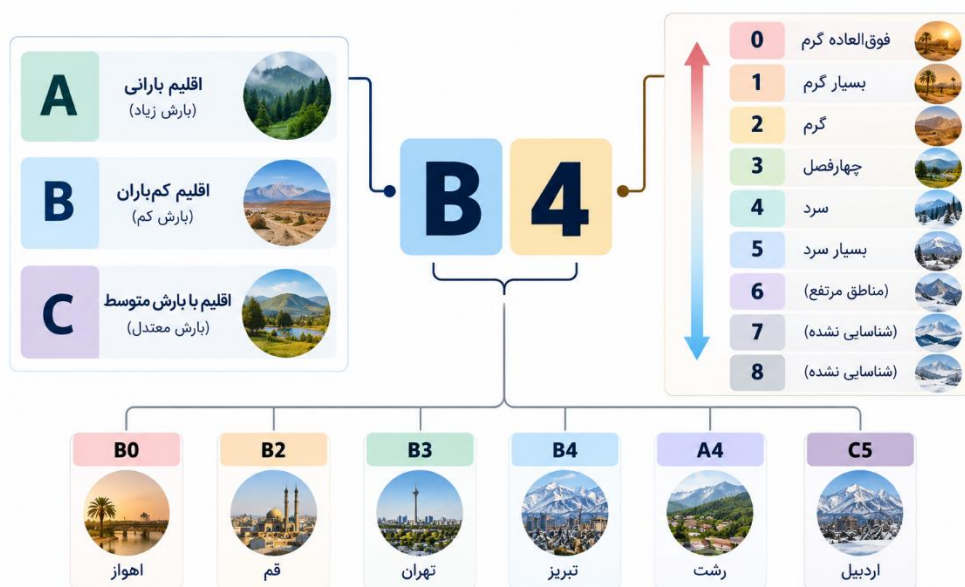
$$E = 441,000 \div 3,000 = 147 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$$

مقدار به‌دست‌آمده، یعنی ۱۴۷، از حد رده C یعنی ۱۴۶ بیشتر است، اما از حد رده D یعنی ۱۹۵ کمتر است. بنابراین ساختمان در رده D قرار می‌گیرد.

گزینه ۴ صحیح است.

نیاز انرژی یک ساختمان ارتباط مستقیم با شرایط آب‌وهوایی محیط آن دارد. به همین دلیل مبحث ۱۹ قبل از تعیین مصرف مجاز، ساختمان‌ها را بر اساس اقلیم محل دسته‌بندی می‌کند. مبنای این دسته‌بندی، اطلاعات آب‌وهوایی سالانه (دمای متوسط روزانه و بارش) است. با تحلیل داده‌های پایگاه‌های هواشناسی، برای هر شهر یک رده اقلیمی مشخص تعریف می‌شود.

کد اقلیمی از دو قسمت تشکیل می‌شود: **عدد (رده دمایی)** و **حرف (رده بارشی/رطوبتی)**. عدد اقلیمی بین ۰ تا ۸ تعریف می‌شود؛ عدد صفر گرم‌ترین و عدد هشت سردترین اقلیم را نشان می‌دهد. در پهنه ایران، رده‌های دمایی شهری معمولاً بین ۰ تا ۵ قرار دارند. حرف اقلیمی می‌تواند A، B یا C باشد: حرف A نشان‌دهنده پرباران، B کم‌باران و C بارش متوسط (در شرایط معتدل دمایی) است. به عنوان مثال، A4 یعنی سرد و پر باران و B4 یعنی سرد و کم باران؛ تفاوت A4 و B4 تنها در وضعیت بارندگی است، در حالی که هر دو از نظر دمایی رده ۴ هستند.



شکل ۱-۲ چگونگی تعیین اقلیم

بخش ۴ الگوی مصرف انرژی در ساختمان

تا اینجا سه گام اصلی را شناختیم: ابتدا اقلیم ساختمان را تعیین کردیم، سپس کاربری و مساحت فضای کنترل شده را مشخص کردیم و بعد شدت مصرف انرژی را به دست آوردیم. اکنون باید این مقدار را با الگوی مصرف انرژی مجاز مقایسه کنیم تا مشخص شود عملکرد انرژی ساختمان در چه سطحی قرار دارد.

در مبحث نوزدهم، الگوی مصرف انرژی برای هر ترکیب کاربری - اقلیم تعریف شده است. این الگو در واقع حداکثر شدت مصرف انرژی مجاز ساختمان، به ازای هر مترمربع فضای کنترل شده در سال، برای دستیابی به رده بازدهی انرژی D است. بنابراین رده D در این ساختار، حداقل سطح بازدهی قابل قبول موردنظر مبحث محسوب می شود.

به بیان دیگر، وقتی کاربری و اقلیم ساختمان مشخص شد، باید به جدول متناظر در پیوست ۳ مراجعه کنیم. مقادیر موجود در این جداول، برای کاربری ها و اقلیم های مختلف یکسان نیستند و برحسب شرایط ساختمان تغییر می کنند.

رابطه کاربری و اقلیم با انتخاب الگوی مصرف انرژی مجاز
مبنای استخراج حدود مجاز شدت مصرف انرژی از پیوست ۳ مبحث نوزدهم

۱ تعیین کاربری ساختمان

ساختمان در یکی از گروه های کاربری مبحث نوزدهم قرار می گیرد.

- مسکونی
- اداری
- درمانی
- آموزشی
- تجاری
- مراکز اقامتی و هتل و ...

(مطابق دسته بندی پیوست ۳)

۲ تعیین اقلیم ساختمان

محل احداث ساختمان بر اساس نقشه اقلیم بندی ایران (شکل ۲-۱۹) در یکی از ۱۰ رده اقلیمی قرار می گیرد.

رده های اقلیمی ایران (مطابق مبحث ۱۹)

B0: فوق العاده گرم و کم باران	B3: چهار فصل و کم باران
B1: بسیار گرم و کم باران	A4: سرد و بارانی
A2: گرم و بارانی	B4: سرد و کم باران
B2: گرم و کم باران	B5: بسیار سرد و کم باران
A3: چهار فصل و بارانی	C5: بسیار سرد یا بارش متوسط

مآخذ: مبحث نوزدهم ویرایش پنجم، شکل ۲-۱۹، ۱۹-۴-۲

۳ انتخاب جدول مناسب از پیوست ۳

با توجه به کاربری، اقلیم و دسته مساحت، ساختمان، جدول متناظر از پیوست ۳ انتخاب می شود.

کاربری ساختمان (مثلاً مسکونی) + اقلیم ساختمان (مثلاً C5) = دسته مساحت (مثلاً ≥ 3000 مترمربع)

۴ استخراج الگوی مصرف انرژی مجاز

از جدول انتخاب شده، حداکثر شدت مصرف انرژی مجاز برای رده های مختلف (A تا D) استخراج می شود. (مقادیر بر حسب کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

مثال:

ساختمان مسکونی در اقلیم C5 با مساحت ≥ 3000 مترمربع (بر اساس جدول مربوط در پیوست ۳)

رده انرژی	حداکثر شدت مصرف انرژی (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)
A	۵۸
B	۱۱۵
C	۱۷۴
D	۲۳۱

نکات مهم

- نقشه اقلیم بندی بر اساس شکل ۲-۱۹، ۳-۲۰، ۱۹-۳۰ مبحث نوزدهم و مطابق استاندارد ASHRAE/ANSI 169-2020 است.
- هر شهر در ایران در یکی از ۱۰ رده اقلیمی B0، B2، B3، B4، B5، A5، C5 و قرار می گیرد.
- الگوی مصرف انرژی مجاز مربوط به رده D، حداقل سطح عملکرد قابل قبول در مبحث نوزدهم است و رده های A، B و C به ترتیب عملکرد بهتری دارند.
- مقادیر جدول ها بر اساس کاربری، اقلیم و دسته مساحت متفاوت است؛ همواره جدول صحیح پیوست ۳ را انتخاب کنید.

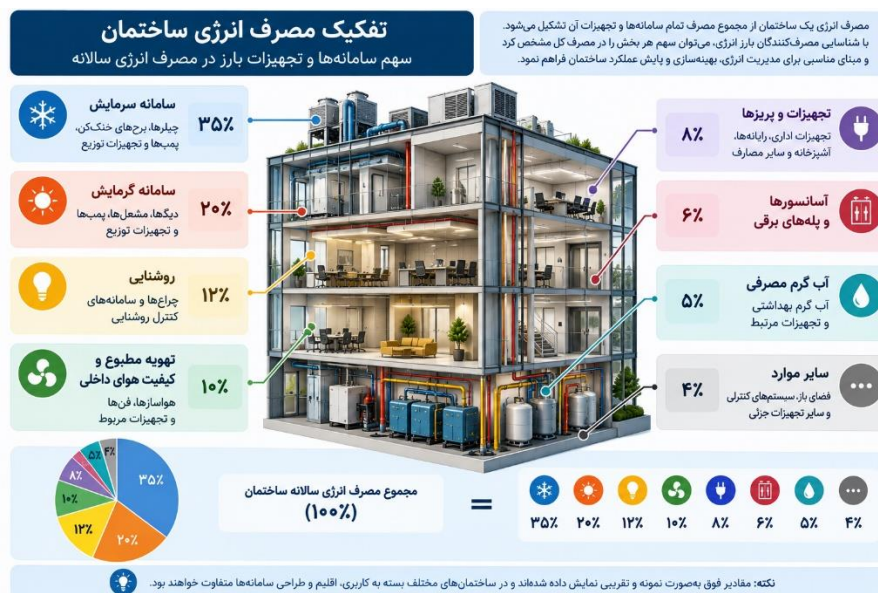
شکل ۹-۲ - ارتباط کاربری و اقلیم با الگوی مصرف انرژی مجاز

بخش ۵ مصرف کنندگان بارز انرژی در ساختمان

پس از آنکه شدت مصرف انرژی ساختمان را به صورت کلی بررسی کردیم، یک سؤال مهم باقی می ماند: این انرژی دقیقاً در کدام سامانه ها و تجهیزات مصرف می شود؟ مبحث نوزدهم برای پاسخ به این سؤال، مفهوم مصرف کنندگان بارز انرژی را مطرح می کند. منظور، سامانه ها و تجهیزاتی است که سهم قابل توجهی در مصرف انرژی ساختمان دارند و به همین دلیل باید به صورت مشخص شناسایی و تحلیل شوند. مبحث تصریح می کند که مدیریت انرژی در مرحله طراحی و ساخت، نیازمند تحلیل دقیق و مستقل رفتار این سامانه ها و تجهیزات است.

چرا شناسایی مصرف کنندگان بارز اهمیت دارد؟

اگر فقط مصرف کل ساختمان را بدانیم، متوجه نمی شویم بخش اصلی انرژی در کدام قسمت ساختمان مصرف می شود. ممکن است دو ساختمان شدت مصرف انرژی مشابهی داشته باشند، اما در یکی عمده مصرف مربوط به سامانه سرمایش باشد و در دیگری تجهیزات یا بخش های دیگری سهم بیشتری داشته باشند. بنابراین، برای مدیریت واقعی انرژی باید مصرف ساختمان را از حالت یک عدد کلی خارج کرد و به سامانه ها و تجهیزات عمده مصرف کننده تفکیک کرد. این تفکیک در مرحله طراحی اهمیت ویژه ای دارد؛ زیرا به تهیه پروفیل های مصرف انرژی در مقیاس های سالانه، ماهانه، روزانه و ساعتی منجر می شود.



شکل ۱۱-۲ - تفکیک مصرف انرژی ساختمان میان سامانه ها و تجهیزات بارز

مصرف گاز طبیعی معمولاً بر حسب مترمکعب ثبت می‌شود. برای اینکه بتوانیم آن را با برق جمع کنیم، باید ابتدا انرژی معادل آن را به کیلووات ساعت تبدیل کنیم. رابطه تبدیل گاز طبیعی در مبحث نوزدهم:

$$9.4 (m^3) \times \text{گاز مصرف} = (kWh) \text{طبیعی گاز معادل انرژی}$$

بنابراین اگر ساختمان در یک سال ۳۰۰۰۰ مترمکعب گاز مصرف کرده باشد:

$$30000 \times 9.4 = 282000 kWh$$

عدد ۹/۴ مربوط به ارزش حرارتی ناخالص گاز طبیعی است و بر اساس مقادیر رسمی اعلام شده از سوی شرکت ملی گاز ایران برای میانگین کشوری سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳ در مبحث در نظر گرفته شده است.

گازوئیل؛ تبدیل لیتر به انرژی

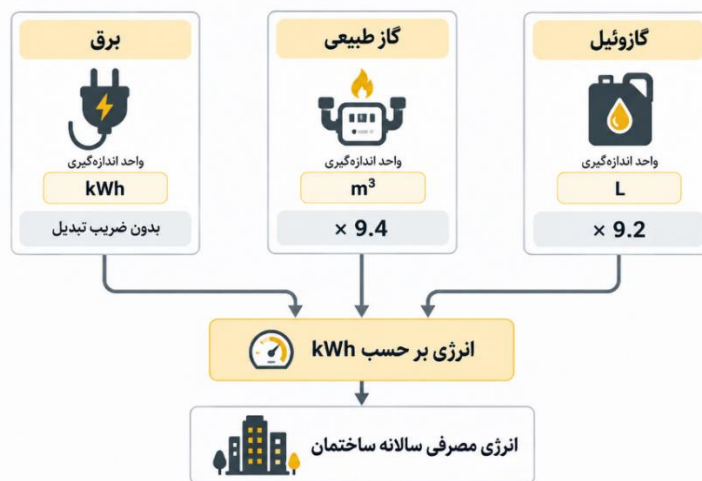
مصرف گازوئیل نیز قبل از ورود به محاسبات باید از لیتر به کیلووات ساعت تبدیل شود. رابطه مبحث:

$$9.2 (L) \times \text{گازوئیل مصرف} = (kWh) \text{گازوئیل معادل انرژی}$$

برای مثال، اگر در یک سال ۵۰۰۰ لیتر گازوئیل مصرف شده باشد:

$$5000 \times 9.2 = 46000 kWh$$

تبدیل حامل‌های مختلف انرژی به واحد مشترک



شکل ۱۶-۲ - تبدیل حامل‌های مختلف انرژی به واحد مشترک کیلووات ساعت

مثال حل شده

ساختمانی دارای ۲۰۰۰ مترمربع فضای کنترل شده است و در یک سال: ۱۲۰۰۰۰ کیلووات ساعت برق و ۳۰۰۰۰ مترمکعب گاز طبیعی مصرف کرده است.

ابتدا گاز را تبدیل می کنیم:

$$30,000 \times 9.4 = 282,000 \text{ kWh}$$

مجموع انرژی سالانه:

$$120,000 + 282,000 = 402,000 \text{ kWh}$$

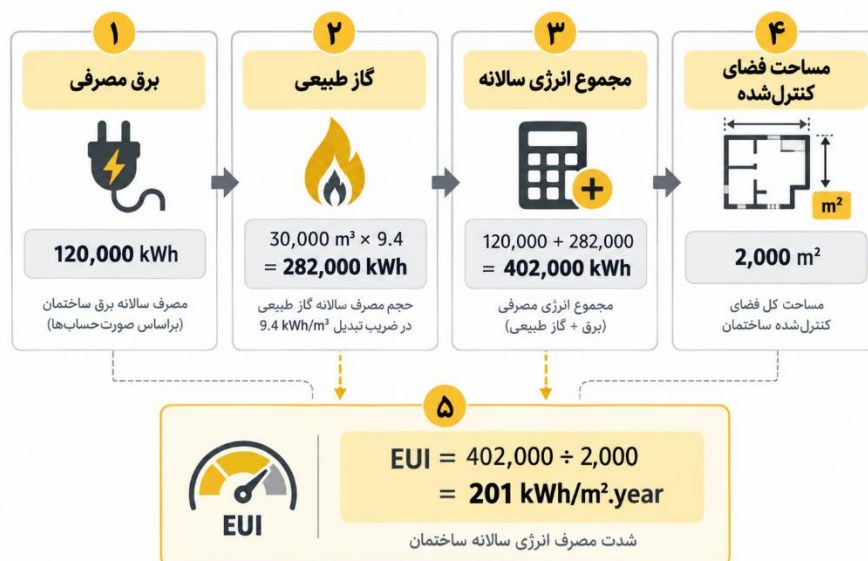
شدت مصرف انرژی:

$$402,000 \div 2,000 = 201 \text{ kWh/m}^2.\text{year}$$

بنابراین شدت مصرف انرژی ساختمان برابر است با:

$$201 \text{ kWh/m}^2.\text{year}$$

نمونه محاسبه شدت مصرف انرژی



شکل ۱۸-۲ - نمونه گام به گام محاسبه شدت مصرف انرژی از چند حامل انرژی

سپس:

$$R = E_{actual} / E_{ideal}$$

هرچه R کوچکتر باشد، عملکرد انرژی ساختمان بهتر است.

رده بندی دقیق به این صورت است:

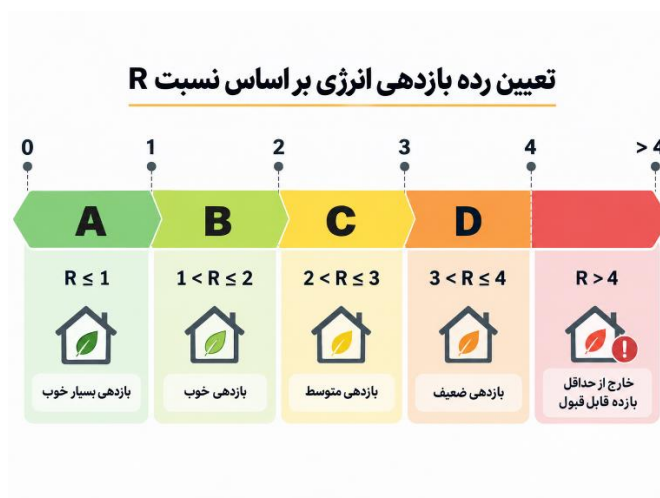
نسبت R	رده بازدهی انرژی
$R \leq 1$	A
$1 < R \leq 2$	B
$2 < R \leq 3$	C
$3 < R \leq 4$	D

رده D تا چهار برابر شدت مصرف انرژی ساختمان ایده آل را پوشش می دهد و حداقل سطح قابل قبول از دید این بخش مبحث است.

اگر:

$$R > 4$$

باشد، ساختمان حتی شرایط رده D را نیز تأمین نمی کند.



شکل ۱۹-۲ - تعیین رده بازدهی انرژی ساختمان بر اساس نسبت R

بخش ۱ از طراحی تا بهره‌برداری

در فصل قبل دیدیم یک ساختمان از نظر مصرف انرژی چگونه دسته‌بندی می‌شود و رده بازدهی انرژی آن چه مفهومی دارد. حالا سؤال مهم‌تری داریم:

این رده از چه زمانی وارد پروژه می‌شود و چه طور از روی نقشه تا ساختمان واقعی کنترل می‌شود؟

مبحث نوزدهم جواب را در یک زنجیره به هم پیوسته می‌بیند:

طراحی ➡ صدور پروانه ➡ ساخت و بازرسی‌های مرحله‌ای ➡ پایان ساخت ➡ بهره‌برداری و پایش

یعنی قرار نیست فقط در انتهای کار به ساختمان نگاه کنیم و ببینیم کم‌مصرف شده یا نه. اگر تصمیم‌های انرژی از همان مرحله طراحی وارد پروژه نشوند و اجرای آنها در طول ساخت کنترل نشود، رسیدن به شدت مصرف انرژی مجاز در زمان بهره‌برداری بسیار دشوار خواهد بود.

مبحث نوزدهم تصریح می‌کند که مدیریت انرژی، آب و آثار محیطی ساختمان نگاه چرخه عمر دارد، ولی در این ویرایش، الزام اصلی مربوط به شدت مصرف انرژی ساختمان در مرحله بهره‌برداری است؛ در عین حال دستیابی به این هدف به رعایت الزامات طراحی و ساخت وابسته است.

نقشه راه این فصل

برای اینکه از همین ابتدا مسیر ساختمان باشد، چهار ایستگاه اصلی داریم:

مرحله	کنترل اصلی
طراحی	تعیین روش طراحی و احراز حداقل رده انرژی موردنیاز
ساخت	بازرسی‌های مرحله‌ای و کنترل انطباق اجرا با طرح
پایان ساخت	بازرسی نهایی، تکمیل پایش و احراز شرایط پایان کار
بهره‌برداری	پایش مستمر مصرف انرژی و امکان تحلیل و عیب‌یابی

یک عدد که باید از همین اول حفظ باشی

در مرحله طراحی، برای دریافت پروانه ساختمان، حداقل ۹۰۰ امتیاز از ۱۰۰۰ امتیاز ارزیابی برای دستیابی به حداقل رده بازدهی انرژی D مطرح شده است.



شکل ۲-۳ مسیر انتخاب روش تجویزی یا شبیه سازی در مرحله طراحی

بخش ۳ روش تجویزی

دانش مهارت موفقیت در ساخت فردا

روش تجویزی را می‌توان برای ساختمان با هر نوع کاربری، هر اقلیم و هر مساحتی استفاده کرد؛ تنها استثنای اصلی همان حالتی است که نسبت نورگذر به کل مساحت نما در حداقل یکی از نماها از ۵۰ درصد بیشتر شود. در روش تجویزی، الزامات مشخصی برای بخش‌های مختلف ساختمان تعیین شده است؛ از جمله: پوسته خارجی نورگذر و غیرنورگذر، تأسیسات مکانیکی، تأسیسات الکتریکی، سامانه پایش و زیرپایش و سامانه مدیریت یکپارچه ساختمان. اگر این روش انتخاب شود، تمام اعداد و احکام الزامی متناسب با کاربری و اقلیم باید در طراحی اعمال شوند. برای دریافت پروانه ساختمان نیز طرح باید حداقل ۹۰۰ امتیاز از ۱۰۰۰ امتیاز ارزیابی الزامات طراحی روش تجویزی را کسب کند.

پیوست ۵؛ فقط امتیاز جمع کردن نیست

از آنجا که خود بند ۱۹-۴-۱ ارزیابی مرحله طراحی را به پیوست ۵ ارجاع می‌دهد، چند نکته از این پیوست برای فهم درست گردش کار ضروری است. چک‌لیست روش تجویزی یک ساختار ۱۰۰۰ امتیازی دارد و ارزیابی صرفاً بر مبنای امتیازهای اختیاری انجام نمی‌شود. دو نوع موضوع را باید از هم جدا کنیم:

پیوست ۵ کنترل چک لیست را در سه مقطع تعریف می‌کند: مرحله طراحی، مرحله اجرا و مرحله تحویل و بهره‌برداری. در هر مرحله، بندهای شرطی باید دوباره کنترل شوند، مدارک تکمیل و ثبت شوند و هر تغییر طراحی یا اجرا در ارزیابی لحاظ شود. گزارش نهایی نیز باید امتیاز بخش‌ها، امتیاز کل، وضعیت رعایت بندها، دلایل مردودی و رده بازدهی را مشخص کند.

یک نکته ظریف درباره سطح نور گذر

در چک لیست پیوست ۵، اگر نسبت نور گذر یک نما از ۳۰ درصد عبور کند، برای امکان ادامه استفاده از روش تجویزی تا سقف ۵۰ درصد، شرایط تکمیلی مطرح شده است؛ از جمله کفایت نور روز برای حداقل ۲۵ درصد مساحت مفید طبقات بالای زمین در شرایط بیان شده و تجهیز روشنایی مصنوعی به کنترل متناسب با نور طبیعی. در صورت پاسخ مثبت به هر دو شرط، نسبت نور گذر تا حداکثر ۵۰ درصد می‌تواند در چارچوب روش تجویزی باقی بماند.

دام آزمونی مهم

این دو عدد را با هم اشتباه نکن:

۳۰ درصد ➡ آستانه ورود به کنترل‌های تکمیلی پیوست ۵

بیش از ۵۰ درصد ➡ ممنوعیت روش تجویزی



شکل ۳-۳ منطق قبولی در ارزیابی روش تجویزی؛ امتیاز کافی به تنهایی کافی نیست



شکل ۳-۵ - ساختار مفهومی پایش و زیرپایش موردنیاز برای بازرسی پایان ساخت

پایش، عیب‌یابی، اصلاح و بهبود

بعد از گرفتن پایان کار، پرونده انرژی ساختمان بسته نمی‌شود. اولین حکم بند ۱۹-۴-۴ کاملاً صریح است: پایش مصرف انرژی ساختمان در مرحله بهره‌برداری الزامی است. جزئیات تجهیزات پایش، سخت‌افزار جمع‌آوری و انتقال داده، نرم‌افزار جمع‌آوری اطلاعات و تحلیل و عیب‌یابی داده‌ها در فصل هفتم مبحث ارائه شده است. یعنی فلسفه پایش فقط ثبت عدد کنتور نیست. هدف این است که داده داشته باشیم تا بتوانیم بفهمیم: ساختمان واقعاً چگونه مصرف می‌کند، انحراف کجا رخ داده و کدام سامانه نیاز به بررسی دارد.

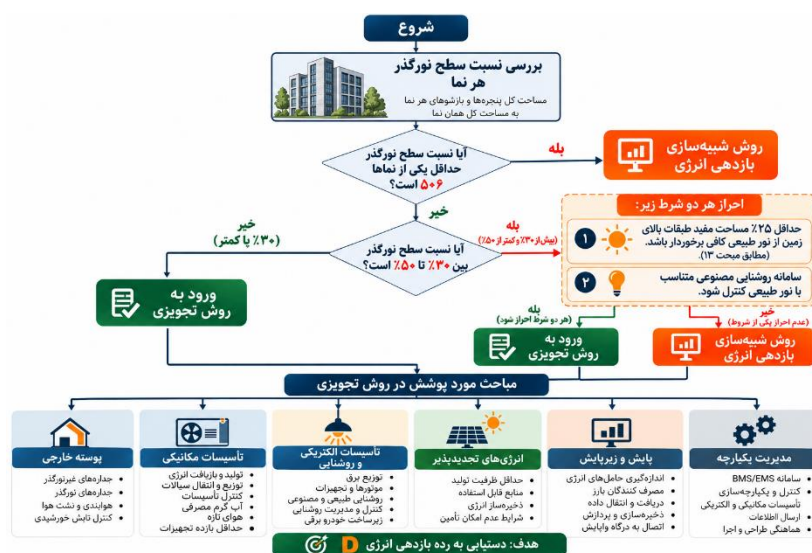
بخش ۱ روش تجویزی دقیقاً یعنی چه؟

در روش تجویزی، مبحث نوزدهم به جای اینکه مصرف سالانه کل ساختمان را با یک مدل انرژی شبیه‌سازی کند، برای اجزای مختلف ساختمان حدود و الزامات مشخصی تعیین می‌کند. پوسته خارجی، تأسیسات مکانیکی، تأسیسات الکتریکی، روشنایی، انرژی‌های تجدیدپذیر، پایش مصرف و سامانه مدیریت یکپارچه، هر کدام باید الزامات مربوط به خودشان را تأمین کنند. براساس بند ۵-۱۹ مبحث نوزدهم، روش تجویزی برای هر نوع کاربری، اقلیم و مساحت قابل استفاده است؛ اما یک محدودیت اصلی دارد: نسبت مساحت جداره نورگذر به کل مساحت نما نباید در هیچ‌یک از نماها بیشتر از ۵۰ درصد باشد. اگر حتی یک نما از این حد عبور کند، مسیر طراحی از روش تجویزی خارج شده و باید از روش شبیه‌سازی بازدهی انرژی استفاده شود.

هدف این روش، دستیابی ساختمان به شدت مصرف انرژی مجاز برای حداقل رده بازدهی انرژی D است. پس از انتخاب روش تجویزی، تمام الزامات فصل پنجم مبحث نوزدهم و بازرسی‌های مراحل طراحی، ساخت و پایان کار مطابق فصل چهارم مبحث نوزدهم باید رعایت شوند.

نکته آزمونی

ملاک ۵۰ درصد برای هر نما به صورت مستقل کنترل می‌شود، نه میانگین نماهای ساختمان. همچنین عبارت مبحث «بیش از ۵۰ درصد» است؛ بنابراین خود عدد ۵۰ درصد، در صورت تأمین سایر شرایط، هنوز می‌تواند در محدوده روش تجویزی قرار گیرد.

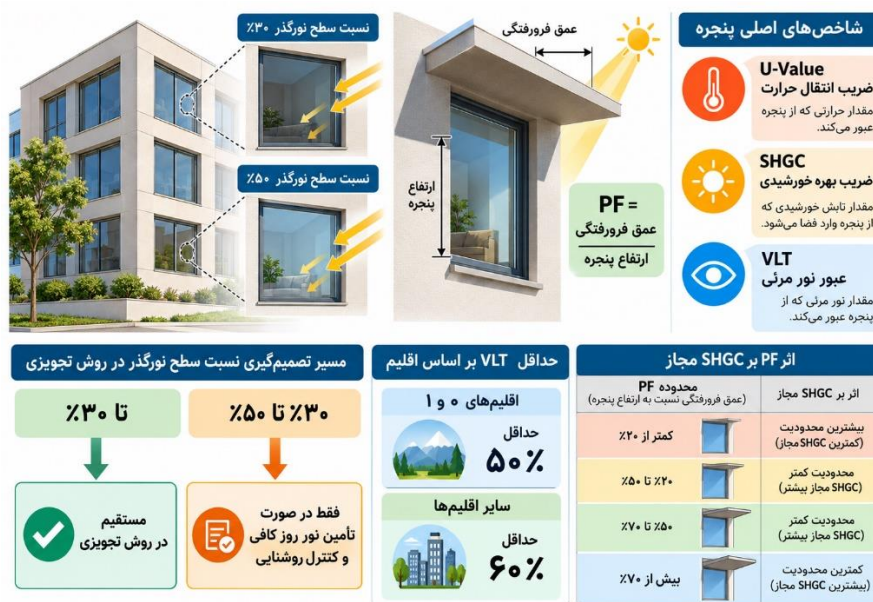


شکل ۴-۱ مسیر تشخیص امکان استفاده از روش تجویزی در طراحی انرژی ساختمان

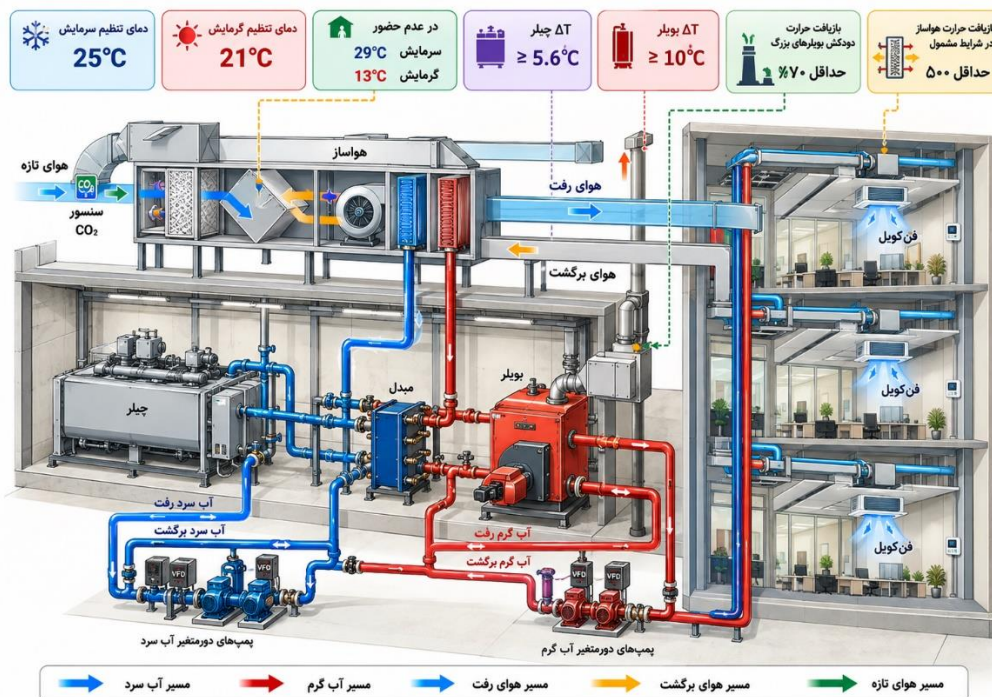
جدول ۴-۲ حدود اصلی بوسته نورگذر

پارامتر	1B, 0B	2B, 2A	3B, 3A	4B, 4A	5C, 5B
U_{max} جداره ثابت	1.41	1.51	1.97	2.24	2.42
U_{max} جداره متحرک	1.77	1.89	2.47	2.64	2.85
U_{max} در ورودی نورگذر	2.35	2.45	3.21	3.37	2.56
$SHGC_{max}$ برای $PF < 20\%$	0.38	0.36	0.30	0.25	0.23
$SHGC_{max}$ برای $PF = 20 - 50\%$	0.46	0.43	0.36	0.30	0.28
$SHGC_{max}$ برای $PF = 50 - 70\%$	0.61	0.58	0.48	0.40	0.37
$SHGC_{max}$ برای $PF > 70\%$	0.73	0.69	0.58	0.48	0.44
U_{max} نورگیر سقفی	3.33	3.13	2.75	2.11	1.97
$SHGC_{max}$ نورگیر سقفی	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30

در اقلیم‌های ۰ و ۱ مقدار VLT باید حداقل ۵۰ درصد و در سایر اقلیم‌ها حداقل ۶۰ درصد باشد. برای تعیین PF علاوه بر فرورفتگی پنجره، سایه بان افقی و عمودی نیز قابل محاسبه است و مقدار متوسط سایه بین ساعت ۱۰ تا ۱۴ روز اعتدال بهاری یا پاییزی ملاک قرار می‌گیرد. لایه‌ای که مانع عبور پرتو فروسرخ خورشید می‌شود نباید در سمت داخلی شیشه و مجاور فضای کنترل‌شده قرار گیرد. مشخصات U ، $SHGC$ ، تعداد و ضخامت لایه‌ها نیز باید براساس تأییدیه رسمی در مدارک طراحی و نظارت ثبت شوند.



شکل ۴-۴ ارتباط نسبت سطح نورگذر، سایه‌اندازی، $SHGC$ ، U_{value} و VLT در روش تجویزی



شکل ۴-۶ - منطق طراحی و کنترل تأسیسات مکانیکی در روش تجویزی

۲-۵ بخش پایش تأسیسات مکانیکی

براساس بند ۱۹-۵-۲-۴، در تجهیزات مرکزی تولید سرمایش و گرمایش، سنتور دما، تحت شبکه باید روی لوله‌های رفت و برگشت و فلومتر اولتراسونیک روی مدار مناسب نصب شود. همین منطق درباره مبدل‌های حرارتی، هواسازها و سایر تجهیزات اصلی نیز ادامه پیدا می‌کند.

در ساختمان عمومی با مساحت بیش از ۱۰۰۰۰۰ مترمربع و ساختمان مسکونی با مساحت بیش از ۵۰۰۰ مترمربع یا بیش از ۹ طبقه، استفاده از BMS و EMS طبق همین بند الزام شده است. علاوه بر این، در ساختمان دارای تأسیسات مرکزی، سنجش شرایط محیط بیرون شامل دما، رطوبت، باد و تابش خورشیدی و اتصال آنها به سامانه کنترل مرکزی پیش‌بینی می‌شود.

نکته آزمونی مهم

بخش ۱ روش شبیه سازی بازدهی انرژی ساختمان

اگر فصل چهارم را «مسیر چک لیستی» مبحث نوزدهم بدانیم، فصل پنجم مسیر تحلیل محور آن است. در روش تجویزی، آیین نامه برای بخش های مختلف ساختمان حد و مرز مشخص می گذارد؛ اما در روش شبیه سازی، دست طراح بازتر است تا با هر ترکیب منطقی و اجرایی از معماری، پوسته، تأسیسات، روشنایی و انرژی های تجدیدپذیر، مصرف انرژی سالانه ساختمان را پایین بیاورد. این آزادی البته یک شرط مهم دارد: هر عددی که وارد مدل می کنی، باید واقعی، مستند و قابل تحقق در اجرا باشد.

به زبان ساده، در این روش دیگر صرفاً دنبال این نیستیم که مثلاً ضخامت عایق یا راندمان یک تجهیز از حدی کمتر نباشد؛ بلکه کل ساختمان را مثل یک سیستم زنده مدل می کنیم و از نرم افزار می خواهیم به ما بگوید این ساختمان در طول سال واقعاً چقدر انرژی مصرف خواهد کرد. بعد همین خروجی، مبنای تعیین رده بازدهی انرژی ساختمان می شود.

بخش ۲ روش شبیه سازی دقیقاً چه زمانی به کار می آید؟

طبق فصل ۶-۹ مبحث نوزدهم، در روش شبیه سازی طراح می تواند با استفاده از یک نرم افزار مورد تأیید، مصرف انرژی سالانه ساختمان را به ازای هر مترمربع فضای کنترل شده محاسبه کند و آن را به حد مجاز کاربری-اقلیم برساند. در این روش، ملاک ارزیابی، نتایج و گزارش های شبیه سازی است.

چند نکته خیلی مهم را از همین ابتدا باید در ذهن نگه داری:

- اگر ساختمان با روش شبیه سازی برای دریافت پروانه جلو بروی، تغییر روش به تجویزی در هیچ مرحله ای از ساخت مجاز نیست.
- گزارش شبیه سازی باید توسط شخص دارای صلاحیت شبیه سازی انرژی تهیه شود.
- نرم افزار شبیه سازی هم باید صحت گذاری شده و مورد تأیید نهاد قانونی مسئول باشد.
- در ساختمان هایی که با روش شبیه سازی طراحی می شوند، رعایت الزامات فصل هفتم درباره پایش، زیرپایش و سامانه مدیریت یکپارچه ساختمان هم الزامی است.
- از الزامات فصل پنجم، هر بخشی که در نرم افزار قابلیت تنظیم و تغییر ندارد، همچنان باید جداگانه رعایت شود.

نکته طلایی

در روش شبیه‌سازی، خوش‌بینانه مدل کردن پوسته یا نشت هوا، شاید اول کار نتیجه را زیباتر کند، ولی آخر کار معمولاً دردسرساز می‌شود. شبیه‌سازی خوب، شبیه‌سازی صادقانه است.



شکل ۲-۵ اجزای اصلی فیزیک ساختمان که باید با دقت در مدل شبیه‌سازی تعریف شوند

فعالیت و بارهای داخلی

بخش ۵

بند ۴-۶-۱۹ مبحث نوزدهم روی «فعالیت‌ها» تأکید ویژه‌ای دارد و حق هم دارد؛ چون خیلی وقت‌ها دو ساختمان با پوسته تقریباً مشابه، فقط به خاطر الگوی بهره‌برداری متفاوت، مصرف انرژی کاملاً متفاوتی دارند.

در تنظیم بخش فعالیت‌ها باید موارد زیر دقیق و واقعی تعیین شوند:

دانش
مهارت
موفقیت
در ساخت فردا

پایش انرژی و مدیریت یکپارچه ساختمان

بخش ۱

در فصل‌های قبل یاد گرفتیم ساختمان را چگونه طراحی کنیم و چطور مصرف انرژی آن را پیش‌بینی کنیم. حالا سؤال مهم‌تری مطرح است: بعد از ساخته‌شدن ساختمان، از کجا بفهمیم واقعاً همان‌طور که طراحی شده کار می‌کند؟ این فصل جواب را در یک زنجیره روشن می‌بیند: اندازه‌گیری، انتقال داده، ذخیره‌سازی، تحلیل، هشدار و در نهایت کنترل و اصلاح عملکرد. یعنی پایش انرژی فقط نصب چند کنتور نیست؛ داده باید از نقطه مصرف تا تصمیم‌مدیریتی یک مسیر کامل و قابل اعتماد طی کند.

براساس فصل هفتم مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان الزامات این فصل برای ساختمان‌ها با هر کاربری - اقلیم و در هر دو روش طراحی تجویزی و شبیه‌سازی مطرح شده است. همچنین بدون راه‌اندازی کامل سامانه پایش انرژی و سامانه مدیریت یکپارچه ساختمان و اتصال آن به درگاه سامانه واپایش انرژی ساختمان‌ها، صدور گواهی رده بازدهی انرژی و گواهی پایان کار مجاز نیست.

نکته کلیدی فصل - منطق این فصل را این‌طور به خاطر بسپار: اندازه بگیر → تفکیک کن → انتقال بده → ذخیره کن → تحلیل کن → عیب را پیدا کن → هشدار بده → کنترل کن → بهینه کن.

دانش
مهارت
موفقیت
در ساخت فردا

پایش، زیرپایش و پایش عمیق؛ شبیه اما متفاوت

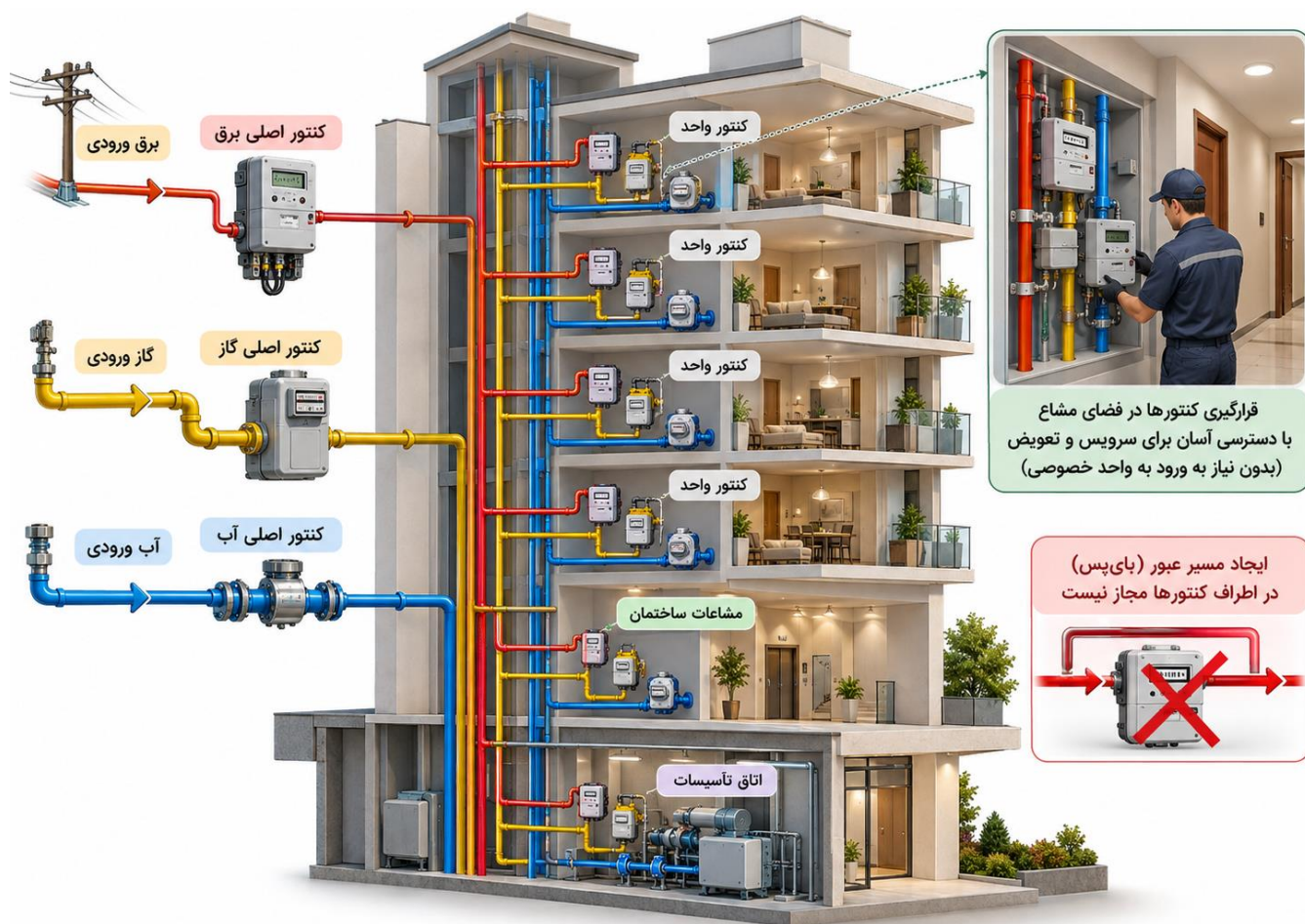
بخش ۲

براساس بند ۱۹-۷-۱ پایش انرژی را می‌توان در سه سطح دید. پایش یعنی اندازه‌گیری پیوسته، برخط و بالدرنگ مصرف حامل‌های انرژی و آب ساختمان، مستقل از کنتورهای شرکت‌های توزیع. زیرپایش یک گام دقیق‌تر است و مصرف را بین واحدها، بخش‌های مستقل، مشاعات و تجهیزات بارز تفکیک می‌کند. پایش عمیق یعنی تقریباً همه مصرف‌کننده‌های خرد به‌صورت مستقل اندازه‌گیری شوند؛ این سطح در ویرایش حاضر جزء الزامات مبحث قرار نگرفته است.

جدول ۶-۱ تفاوت سطوح اندازه‌گیری مصرف انرژی

سطح	مفهوم	وضعیت در مبحث
پایش	اندازه‌گیری کل حامل‌های انرژی و آب ساختمان	الزامی
زیرپایش	تفکیک واحدها، بخش‌ها، مشاعات و تجهیزات بارز	الزامی در دامنه مقرر
پایش عمیق	اندازه‌گیری جداگانه تمام مصرف‌کننده‌های خرد	در این ویرایش الزام نشده

مصرف‌کننده بارز هم همان تعریف مهم فصل‌های قبل را دارد: اگر یک تجهیز یا سامانه، حتی در یک لحظه، بیش از ۱۰ درصد کل مصرف انرژی لحظه‌ای ساختمان را به خود اختصاص دهد، بارز محسوب می‌شود. بنابراین ملاک، مصرف سالانه یا ماهانه نیست؛ ممکن



شکل ۶-۲ - نقشه جریان انرژی و جانمایی صحیح تجهیزات پایش و زیرپایش

تکادسی مهندسی معماری

دانش مهارت موفقیت در ساخت فردا

دقت اندازه گیری

بخش ۵

تمام تجهیزات اندازه گیری باید داده های مصرف برق، گاز، آب و انرژی را با خطای کمتر از ۲ درصد و به صورت برخط و بالدرنگ ارسال کنند. کنتورهای برق و گاز علاوه بر استانداردهای ایمنی، باید گواهی دقت اندازه گیری از آزمایشگاه معتبر داشته باشند. برای جریان سیالات نیز مبحث، جریان سنج مافوق صوت تحت شبکه را الزام کرده و محل نصب آن را روی خط برگشت، پیش از شیر کنترلی و با فاصله مناسب از شیر تعیین می کند تا آشفته گی جریان، قرائت را خراب نکند.



دانش
مهارت
موفقیت
در ساخت فردا

از شناخت وضع موجود تا اصلاح

بخش

۱

ساختمان موجود را نمی‌شود مثل ساختمان جدید طراحی کرد. اینجا با ساختمانی روبه‌رو هستیم که سال‌ها کار کرده، ممکن است نقشه‌هایش ناقص باشد، تجهیزاتی فرسوده شده باشند و حتی کسی نداند بخش اصلی اتلاف انرژی دقیقاً کجاست. برای همین منطق فصل ۱۹-۸ خیلی روشن است: اول ساختمان را بشناس، بعد اندازه بگیر، راهکار بده، اجرا کن و دوباره نتیجه را بسنج. این فصل به ساختمان‌های در حال بهره‌برداری می‌پردازد و یادآوری می‌کند که الزامات مقررات ملی فقط مخصوص ساختمان نوساز نیست؛ بهره‌برداری و نگهداری هم بخشی از چرخه عمر ساختمان است.

نقشه راه فصل | وضع موجود | پایش | تدوین راهکار | اجرا | سنجش نتیجه | شناسایی انحراف | اصلاح
تکرار در صورت نیاز



دانش
مهارت
موفقیت
در ساخت فردا

نقطه شروع؛ اول بفهم ساختمان الان چه وضعی

بخش

۲

براساس بند ۱۹-۸-۱، اولین گام بهینه‌سازی یک ساختمان موجود، ارزیابی وضع موجود است. در این مرحله دو کار تقریباً هم‌زمان انجام می‌شود: از یک طرف رتبه بازدهی انرژی ساختمان مطابق استانداردهای ملی ایران ۱۴۲۵۳ و ۱۴۲۵۴ تعیین و برچسب انرژی توسط بازرس دارای صلاحیت صادر می‌شود؛ از طرف دیگر خود ساختمان از نظر فیزیکی بررسی می‌شود تا نقاط ضعف پوسته و تأسیسات شناسایی شوند. یعنی فقط قبض برق و گاز را نگاه نمی‌کنیم. باید ببینیم معماری چون‌ساخت، تجهیزات مکانیکی و الکتریکی، پوسته نورگذر و غیرنورگذر و میزان نشت هوا واقعاً در چه وضعیتی هستند.

جدول ۷-۱- اجزای اصلی ارزیابی وضع موجود ساختمان

بخش مورد بررسی	آنچه باید مشخص شود
مصرف انرژی	رتبه بازدهی و برچسب انرژی
معماری	نقشه‌های چون‌ساخت و مغایرت‌ها
تأسیسات مکانیکی	تجهیزات، لوله‌کشی‌ها، کانال‌ها، شیرها و تجهیزات کنترلی
تأسیسات الکتریکی	تجهیزات، مدارها، اندازه‌گیری و کنترل
پوسته غیرنورگذر	مقاومت حرارتی دیوار، سقف و کف
پوسته نورگذر	ضریب انتقال حرارت و ضریب بهره خورشیدی
هوابندی	میزان نشت هوا و نرخ تعویض هوا

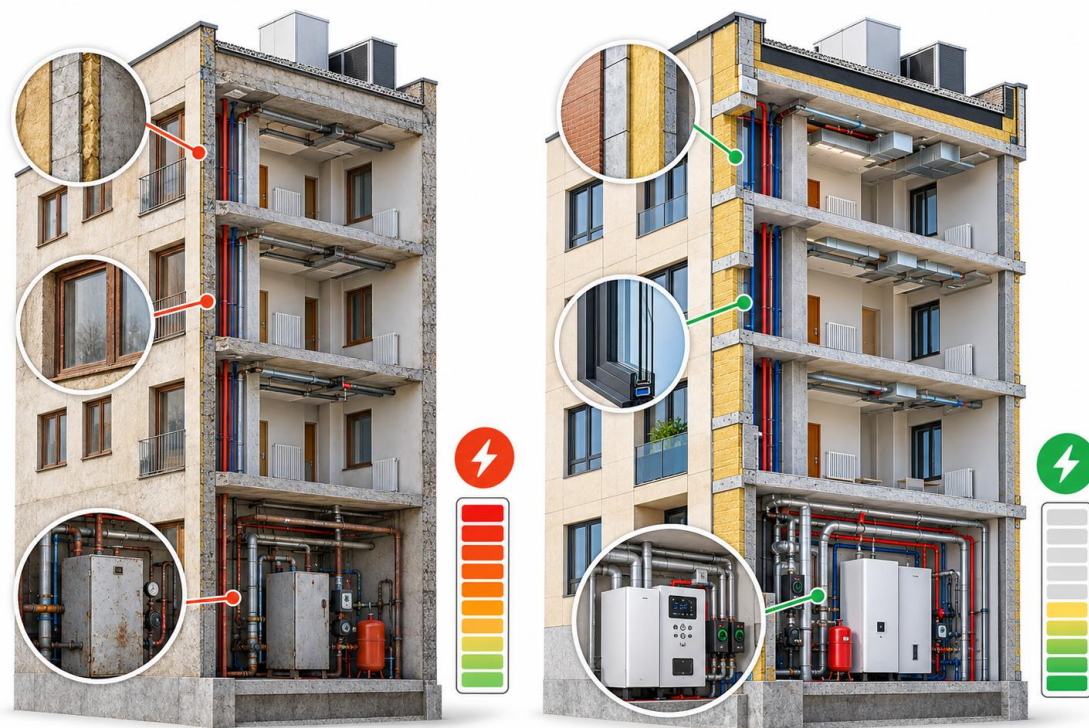
بند ۱۹-۸-۳ به یک اصل مهم مدیریت انرژی می‌رسد: بهینه‌سازی یک کار یک‌باره نیست. چرخه راهکار، اقدام، پایش و سنجش براساس استانداردهای ملی ایران ۵۰۰۱ و ۵۰۰۲ باید طراحی شود و مفهوم آن با چرخه شناخته‌شده PDCA هم‌راستاست.

Act → Check → Do → Plan

یعنی راهکار را طراحی کن، اجرا کن، نتیجه را بسنج و اگر انحراف یا مشکل وجود داشت اصلاح کن. اگر نتیجه مطلوب نبود، چرخه دوباره اجرا می‌شود.



شکل ۷-۴ چرخه مستمر تدوین راهکار، اقدام، پایش و اصلاح در بهینه‌سازی ساختمان موجود



شکل ۷-۵ - مقایسه عملکرد انرژی ساختمان پیش و پس از اجرای راهکارهای بهینه‌سازی

تکادمی مهندسی عمران
ACE

دانش
مهارت
موفقیت
در ساخت فردا

اگر نتیجه نگرفتیم چه؟

بخش ۱۲

اینجاست که چرخه کامل می‌شود. براساس بند ۱۹-۸-۳-۴، انحراف مصرف از معیار باید شناسایی و تحلیل شود و برای عیب‌یابی تجهیزات و سامانه‌ها نیز مراحل بند ۱۹-۷-۱-۴ رعایت شود.

انحراف فقط نباید شناسایی شود؛ باید مستند شود، علت آن بررسی و اقدام اصلاحی انجام شود. اگر پس از اجرای کامل چرخه، ساختمان به رده هدف طرح نرسد، باید دوباره به مرحله ۱۹-۸-۳-۱ یعنی تدوین راهکارها برگشت و چرخه را تا رسیدن به رده مورد نظر تکرار کرد.

جمع‌بندی مفهومی | ساختمان موجود را حدس نمی‌زنیم؛ اندازه می‌گیریم، اصلاح می‌کنیم و دوباره اندازه می‌گیریم.

اگر تا اینجا کتاب را فصل به فصل جلو آمده باشی، احتمالا دیگر هیچ کدام از موضوعات مبحث نوزدهم برای تو غریبه نیست. مسئله ای که معمولا در آزمون باقی می ماند، دانستن نیست؛ تشخیص مسیر حل است. صورت سؤال ممکن است با اقلیم شروع شود، بعد مصرف برق و گاز بدهد، از تو شدت مصرف بخواهد، ناگهان پای پیوست ۳ را وسط بکشد و در انتها درباره رده انرژی یا روش طراحی سؤال کند. اگر مطالب را جدا از هم حفظ کرده باشی، این نوع سؤال سخت به نظر می رسد. اما اگر مبحث ۱۹ را یک سیستم ببینی، مسیر تقریباً همیشه روشن است.

ساختمان را بشناس $\Rightarrow$ اقلیم و کاربری را تعیین کن $\Rightarrow$ روش طراحی را انتخاب کن $\Rightarrow$ پوسته و تأسیسات را کنترل کن $\Rightarrow$ مصرف را اندازه بگیر $\Rightarrow$ EUI را به دست آور $\Rightarrow$ رده انرژی را مشخص کن $\Rightarrow$ در بهره برداری پایش کن $\Rightarrow$ اگر عملکرد مطلوب نبود، اصلاح کن.

دانش
مهارت
موفقیت
در ساخت فردا

مبحث نوزدهم را مثل یک نقشه ببین

بخش

۱

تقریباً هر سؤال مبحث نوزدهم را می توان با پاسخ دادن به چند سؤال اولیه باز کرد: ساختمان در چه اقلیمی قرار دارد؟ کاربری و مساحت آن چیست؟ مساحت فضای کنترل شده چقدر است؟ روش طراحی تجویزی است یا شبیه سازی؟ سؤال درباره طراحی است، مرحله ساخت یا بهره برداری؟ قرار است چه چیزی محاسبه شود: پوسته، تأسیسات، روشنایی، EUI، رده انرژی یا پایش؟ اگر همین چند مورد را ابتدا از صورت سؤال جدا کنی، بخش زیادی از مسیر حل مشخص می شود.



شکل ۸-۱ نقشه راه جامع استفاده از مبحث نوزدهم از طراحی تا بهره برداری

جدول ۸-۲ اعداد و روابط طلایی مبحث نوزدهم

موضوع	مقدار یا رابطه
مصرف کننده بارز	بیش از ۱۰٪ مصرف لحظه ای کل ساختمان
گاز طبیعی	$m^3 \times 9.4 \rightarrow kWh$
گازوئیل	$L \times 9.2 \rightarrow kWh$
محاسبه EUI	انرژی نهایی سالانه ÷ مساحت فضای کنترل شده
نسبت رده انرژی	$R = E_{actual}/E_{ideal}$
رده A	$R \leq 1$
رده B	$1 < R \leq 2$
رده C	$2 < R \leq 3$
رده D	$3 < R \leq 4$
حداقل رده قابل قبول	D
حد روش تجویزی برای سطح نور گذر نما	نسبت هر نما نباید بیش از ۵۰٪ باشد
حداقل امتیاز ارزیابی	۹۰۰ از ۱۰۰۰
دقت تجهیزات پایش	خطا کمتر از ۲٪
قابلیت تناوب قرائت	حداقل یک قرائت در هر ۱۰ ثانیه یا COV
حافظه داخلی پایش	حداقل یک سال
دوقلوی دیجیتال	مساحت کنترل شده بیش از $10000 m^2$
حداقل توسعه مدل دوقلوی دیجیتال	LOD400
ساختمان موجود	بعد از ۱۰ سال، حداکثر ۱٪ به ازای هر سال اضافی برای حد
آزمون نشت هوای ساختمان موجود	D ۳۰۰ Pa یا ۱۵۰، ۷۵

در محاسبه شدت مصرف، انرژی سالانه باید بر مبنای انرژی نهایی یا *SiteEnergy* و مساحت فضای کنترل شده باشد. برق شبکه مستقیم با *kWh* کنتور وارد محاسبه می شود؛ گاز طبیعی و گازوئیل نیز با ضرایب رسمی ۹/۴ و ۹/۲ به *kWh* تبدیل می شوند. در *CHP/CCHP* نیز تنها اگر هر دو شرط بازدهی برقرار باشند — بازده خالص بیش از ۷۰٪ و بازده ناخالص بیش از ۸۰٪ می توان برق تولیدی را به جای ارزش حرارتی سوخت وارد محاسبه کرد.



محاسبه شدت مصرف انرژی ساختمان



شکل ۸-۲ مسیر استاندارد تبدیل حامل های انرژی و محاسبه شدت مصرف انرژی ساختمان

بخش ۶ از EUI قارده انرژی

وقتی EUI واقعی را پیدا کردی، دو مسیر در اختیار داری. می توانی مستقیماً به پیوست ۳ بروی و مقدار ساختمان را با حدود A، B، C و D همان کاربری - اقلیم مقایسه کنی؛ یا از نسبت R استفاده کنی:

$$R = E_{actual} / E_{ideal}$$

که E_{ideal} مقدار رده A برای همان کاربری - اقلیم است.

جدول ۸-۴ خواندن رده انرژی از روی R

رده	مقدار R
A	$R \leq 1$
B	$1 < R \leq 2$
C	$2 < R \leq 3$
D	$3 < R \leq 4$
پایین تر از حداقل رده قابل قبول D	$R > 4$