دانش شهر ۶۶۳

مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

بررسی استانداردها و فناوری‌های نوآورانه در افزایش بهره‌وری انرژی ساختمان در کشورهای پیش رو

تهران ۱۴۰۰

بسم الله الرحمن الرحيم

مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

بررسی استانداردها و فناوری‌های نوآورانه در افزایش بهره‌وری انرژی ساختمان در کشورهای پیش رو

دانش شهر ۶۶۳

معاونت مطالعات شهرسازی، حمل و نقل و ترافیک
مدیریت مطالعات خدمات شهری

نویسنده: سید محسن حسینی
ناظران علمی: دکتر بهروز محمدکاری، مهندس مریم مینوسپهر

حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران است. ضمناً متن (PDF) از سایت ذیل و یا اسکن کد تصویری قابل دریافت است.
نشانی: تهران، خیابان شریعتی، پل رومی، خیابان شهید اکبری، نبش خیابان شهید آقابزرگی، شمارهٔ ۳۲، کدپستی ۱۹۶۴۶۳۵۶۱۱، امور مخاطبان: ۳ -۲۲۳۹۲۰۸۰
info.rpc@tehran.ir. rpc.tehran.ir

دانش شهر ٦٦٣

بررسی استانداردها و فناوری‌های نوآورانه در افزایش بهره‌وری انرژی ساختمان در کشورهای پیش رو

نویسنده: سید محسن حسینی
ناظران علمی: دکتر بهروز محمدکاری، مهندس مریم مینوسپهر

پاییز ۱۴۰۰

فهرست

سخن نخست ۸
چکیده ۱۰
۱ـ مقدمه ۱۱
۲ـ مقررات ملی و مقررات محلی ۱۲
۳ـ شاخص‌های پوشش و سخت‌گیری در مقررات ساختمان ۱۳
۴ـ مقررات تجویزی و مقررات مبتنی بر عملکرد ۱۸
۵ـ عناصر لازم در تدوین مقررات ۱۹
۶ـ بررسی شرایط انطباق ۲۰
۷ـ نظام ملی ثبت اطلاعات ساختمان ۲۱
۷ـ الزامات مورد نیاز برای مصالح ساختمانی و تجهیزات ۲۵
۸ـ نظارت برای تسهیل اجرا و انطباق ۲۶
۹ـ عناصر لازم در تدوین استانداردها ۳۰
۱۰ـ پوستهٔ خارجی ساختمان و نقش بازار ۳۵
۱۱ـ تجهیزات و فناوری‌های پربازده و نقش بازار ۳۸
نتیجه‌گیری و ارائهٔ پیشنهادها ۴۴
منابع ۴۸

فهرست شکل ها

شکل ۱. حوزه‌ها و کشورهای مطالعه‌شده..... ۱۲
شکل ۲. مقایسهٔ پوشش انواع ساختمان در مقررات ساختمان بررسی‌شده [۷, ۱۰–۳۶]..... ۱۴
شکل ۳. تفکیک مقررات بررسی‌شده بر اساس شاخص سخت‌گیری [۷, ۱۰–۳۶]..... ۱۵
شکل ۴. درصد پوشش الگوهای مجاز برای مصارف مختلف در مقررات ساختمانی بررسی‌شده [۷, ۱۰–۳۶]..... ۱۹
شکل ۵. درصد پوشش عناصر مورد نیاز برای ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان در مقررات ساختمانی بررسی‌شده [۷, ۱۰–۳۶] ۲۰
شکل ۶. درصد پوشش طرح‌های تنبیهی در مقررات بررسی‌شده [۷, ۱۰–۳۶]..... ۲۸
شکل ۷. درصد پوشش الزامات مختلف در استانداردهای بررسی‌شده [۷, ۱۰–۳۶]..... ۳۱
شکل ۸. درصد پوشش تجهیزات بهره‌وری انرژی در راهنماهای مقررات بررسی‌شده [۷, ۱۰–۳۶]..... ۳۵

فهرست جدول ها

جدول ۱. ارزیابی شاخص‌های پوشش و سخت‌گیری در مقررات ساختمانی کشورهای بررسی‌شده ۱۵
جدول ۲. شاخص‌های پوشش، سخت‌گیری و وجود نظام ملی ثبت اطلاعات در گواهی‌نامه‌های انرژی کشورهای مطالعه‌شده ۲۳
جدول ۳. الزامات مربوط به کیفیت مصالح ساختمانی در کشورهای بررسی‌شده ۲۵
جدول ۴. ارزیابی مقررات ساختمانی کشورهای بررسی‌شده از نظر شرایط لازم برای نظارت و انطباق ۲۸
جدول ۵. الزامات وابسته به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در برخی کشورهای بررسی‌شده [۸۹] ۳۲
جدول ۶. مقایسهٔ الزامات فنی مقررات ساختمانی کشورهای منتخب ۳۳
جدول ۷. ارزیابی بازار مصالح ساختمانی در حوزه‌های بررسی‌شده را برای طراحی و ساخت پوسته‌های پربازده [۱۰۲]. ۳۶
جدول ۸. مصرف سالانهٔ مواد استفاده‌شده در پوستهٔ ساختمان در برخی از کشورهای بررسی‌شده در سال ۲۰۱۷ [۱۰۳] ۳۷
جدول ۹. بازارهای موجود برای فناوری‌های سرمایش، گرمایش و تجهیزات افزایش بهره‌وری انرژی نوآورانه در حوزه‌های بررسی‌شده ۳۹
جدول ۱۰. اطلاعات فروش سالانهٔ تجهیزات سرمایش و گرمایش در کشورهای بررسی‌شده در سال ۲۰۱۷ [۱۱۵] ۴۲

سخن نخست

ساختمان‌ها نقش بسزایی در زندگی بشر امروزی ایفا می‌کنند. حیات انسان حتی پیش از شکل‌گیری جوامع شهری، به مسکن وابسته بوده است. با گذشت زمان و دست‌یابی بشر به منابع انرژی، ساختمان‌ها از ابعاد مختلف توسعه پیدا کردند و به محل مصرف‌کنندهٔ انرژی تبدیل شدند. مصرف انرژی در ساختمان‌های جهان پس از انقلاب صنعتی تا جایی پیش رفته است که امروزه بخش ساختمان به عنوان یکی از بخش‌های پرمصرف و آلایندهٔ اقتصاد جهان شناخته می‌شود.

مصرف بی‌رویهٔ انرژی در بخش ساختمان و بروز پدیده‌های گرمایش جهانی و گرمایش شهری در قرن اخیر موجب شکل‌گیری محدودیت‌ها و تدوین مقررات انرژی ساختمان در جوامع مختلف شده است. این مقررات به منظور ایجاد ضابطه در عرصهٔ ساختمان تدوین شده و نقش بسزایی در نیل به اهداف کلان در مقیاس ملی و محلی در زمینهٔ بهداشت، سلامت و صرفهٔ اقتصادی فرد و جامعه دارند. ولی تجربیات کشورهای مختلف نشان می‌دهد تدوین مقررات به خودی خود موجب ارتقای مصرف انرژی ساختمان‌ها نمی‌شود؛ حتی جامع‌ترین مقررات ساختمان، در صورت عدم برخورداری از مکانیزم اجرایی، فاقد ارزش عملی است. مقررات انرژی به طور خاص باید با سیاست‌های ترویجی و آموزشی در جامعهٔ مهندسی کشور و آحاد مردم، همچنین نظامی کارآمد برای اعمال و کنترل این مقررات و تنظیم روابط دخیل در ساخت‌وساز، مسئولیت‌ها، شرح وظایف و مراحل قانونی اقدامات ساخت، توسعهٔ بنا و تغییر کاربری همراه شود تا بتوان از اثربخشی آن‌ها اطمینان حاصل کرد.

در ایران سالانه بیش از ۳۲ درصد از کل انرژی مصرفی کشور در ساختمان‌ها به مصرف می‌رسد و ساختمان‌ها همچنین عامل انتشار بیش از ۲۲ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور هستند. در برنامهٔ پنج‌سالهٔ سوم توسعهٔ شهر تهران، شهرداری تهران در مواد زیر موظف به انجام وظایفی شده که عموماً محقق نشده است: مادهٔ ۲۶: کاهش میزان مصرف انرژی به میزان سالانه ۱۰ درصد. مادهٔ ۴۴: امکان‌سنجی به‌کارگیری انرژی‌های نو و تجدیدپذیر در ساختمان‌های شهر و فضاهای عمومی و اجرایی شدن ضوابط و مقررات صرفه‌جویی در مصرف انرژی تا پایان سال اول برنامه. مادهٔ ۵۵: معاینهٔ فنی کلیهٔ موتورخانهٔ ساختمان‌های شهرداری و بهینه‌سازی مصرف انرژی در آن‌ها و پیگیری رعایت استانداردهای مدیریت مصرف انرژی و مباحث ۱۴ و ۱۹ مقررات ملی ساختمان در سایر ساختمان‌ها است. مادهٔ ۵۶: شهرداری موظف است ضمن ممیزی به منظور توسعهٔ انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، با اولویت سیستم‌های تولید برق و حرارت خورشیدی نسبت به استفاده از روش‌های مستقیم تأمین انرژی در ساختمان‌های شهرداری و فضاهای عمومی اقدام کند.

بی‌توجهی به سیاست‌گذاری و یا عدم پیگیری سیاست‌های تدوین‌شده در زمینهٔ مقررات انرژی

ساختمان، خسارت‌های سنگینی برای جوامع در پی دارد. مجموع کشورهای بدون سیاست جامع و برنامه‌ریزی در این زمینه، مصرف‌کننده بیش از یک‌سوم از کل انرژی جهان هستند. شاید ساختمان‌ها سهم کمتری در بروز پدیدهٔ گرمایش جهانی داشته باشند، ولی نقش مهمی در بروز پدیده گرمایش شهری دارند. از این منظر، حیات و سلامت ما ساکنان شهر به آن‌ها وابسته است.

پژوهش حاضر تلاش دارد تا با بررسی و جمع‌آوری اطلاعات در رابطه با مقررات انرژی ساختمان طیف وسیعی از کشورهای پیشرو در عرصهٔ ساختمان، دیدگاه جامعی در راستای تدوین و اجرای مقررات انرژی در ساختمان ارائه دهد. این مطالعه مبین دیدگاه‌ها و نگرش‌های کارشناسانهٔ طیف وسیعی از محققان حوزهٔ ساختمان و نتیجهٔ تجربهٔ ایشان بوده و تلاش شده تا خروجی مطالعه به عنوان ابزاری کاربردی در اختیار مدیریت شهرها و کلان‌شهرهای کشور قرار گیرد. امید است که نتایج این پژوهش در جهت بازنگری در سیاست‌های انرژی ساختمان در کشور مفید فایده واقع شود. مرکز مطالعات تهیه و نشر چنین مطالعاتی را که منجر به توسعهٔ پایدار شهری و زمینه‌ساز آینده‌ای روشن برای نسل‌های آینده می‌شود، وظیفهٔ ذاتی خود می‌داند و همواره بر تداوم آن اهتمام دارد.

محمدحسین بوچانی

رئیس مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

چکیده

بخش زیادی از انرژی جهان سالانه در بخش ساختمان به مصرف می‌رسد. ساختمان‌ها همچنین بخش درخور توجهی از انتشار سالانهٔ کربن دی‌اکسید در جهان را به خود اختصاص می‌دهند. رشد پدیده‌های گرمایش جهانی و گرمایش شهری در سال‌های اخیر بیشتر کشورها و شهرهای جهان را با چالش مواجه کرده است. پدیدهٔ گرمایش جهانی باعث افزایش میانگین دمای کلی زمین می‌شود و به یک منطقهٔ خاص محدود نیست. به‌علاوه، پدیدهٔ گرمایش شهری نیز موجب شده است تا دما در مراکز کلان‌شهرها به نسبت حومه و اطراف، به‌ویژه در فصول گرم سال اختلاف محسوسی داشته باشد. ساختمان‌ها در ایران مصرف‌کنندهٔ بیش از یک‌سوم از کل انرژی سالانهٔ کشور و منتشرکنندهٔ بیش از یک‌پنجم از کل گاز کربن دی‌اکسید سالانه به جو کشور هستند. از طرف دیگر، تراکم ساختمان‌ها در کلان‌شهر و رشد ارتفاع آن‌ها با بروز مجتمع‌های آپارتمانی یکی از عوامل مهم بروز پدیدهٔ گرمایش شهری به شمار می‌آید. بنابراین، توجه ویژه به بهره‌وری بخش ساختمان برای دستیابی به اهداف کلان برنامهٔ توسعهٔ ششم و اهداف توافق پاریس ناگزیر ضروری است. کم‌بهره‌ترین کاری که در عصر حاضر می‌توان برای تأمین گرمایش ساختمان انجام داد، احتراق مستقیم سوخت‌های فسیلی مانند گاز طبیعی در بخاری‌های گازی است. در کشور تقریباً بیش از ۲۰ میلیون بخاری گازی در ساختمان‌ها استفاده می‌شوند که مهم‌ترین عامل در کاهش بهره‌وری بخش ساختمان است. برای مقابله با این چالش‌ها در بخش ساختمان و ارتقای اثربخش بهره‌وری این بخش، مهم‌ترین ابزار در دسترس، تدوین مقررات سخت‌گیرانه به همراه سیاست‌های حمایتی و مالی است. در این پژوهش مقررات ساختمانی ۲۸ کشور در ۵ حوزهٔ مختلف ارزیابی شده و عناصر اصلی، الزامات فنی، مکانیسم‌های نظارت و انطباق، سیاست‌های حمایتی و تنبیهی و فناوری‌های نوآورانه‌ای که به طور مشخص برای ارتقای بهره‌وری انرژی در ساختمان استفاده می‌کنند، معرفی می‌شود. در پایان نیز، این پژوهش بر اساس ارزیابی‌های صورت‌گرفته پیشنهادهایی برای ارتقای مقررات انرژی ارائه می‌دهد. یافته‌ها نشان می‌دهد تدوین مقررات جامع انرژی به‌تنهایی راه‌حل دستیابی به اهداف کلان نیست. این مقررات به سیاست‌های حمایتی و نظارتی نیاز دارد تا مورد اثر واقع شوند. کشورهای موفق در این زمینه علاوه بر تدوین مقررات جامع، مکانیسم‌های تشویقی ارائه می‌دهند که مردم را در کنار صرف هزینه، نسبت به ارتقای بهره‌وری تشویق و آگاه سازند. مقررات انرژی این کشورها علاوه بر الزامات اساسی، بر استفاده از مصالح و تجهیزات بهره‌ور در هر شرایط اقلیمی خاص تأکید دارند. سیاست‌مداران برای حمایت از این مقررات در کشور، بازار مربوط به این تجهیزات را راه‌اندازی و حمایت می‌کنند. تجارب نشان می‌دهد برخی از کشورهای توسعه‌یافته نظیر سوئیس با استفاده از این رویکرد، در کنار دستیابی به اهداف صرفه‌جویی انرژی و کاهش انتشار، به خلق شغل و ثروت نیز دست یافته‌اند.

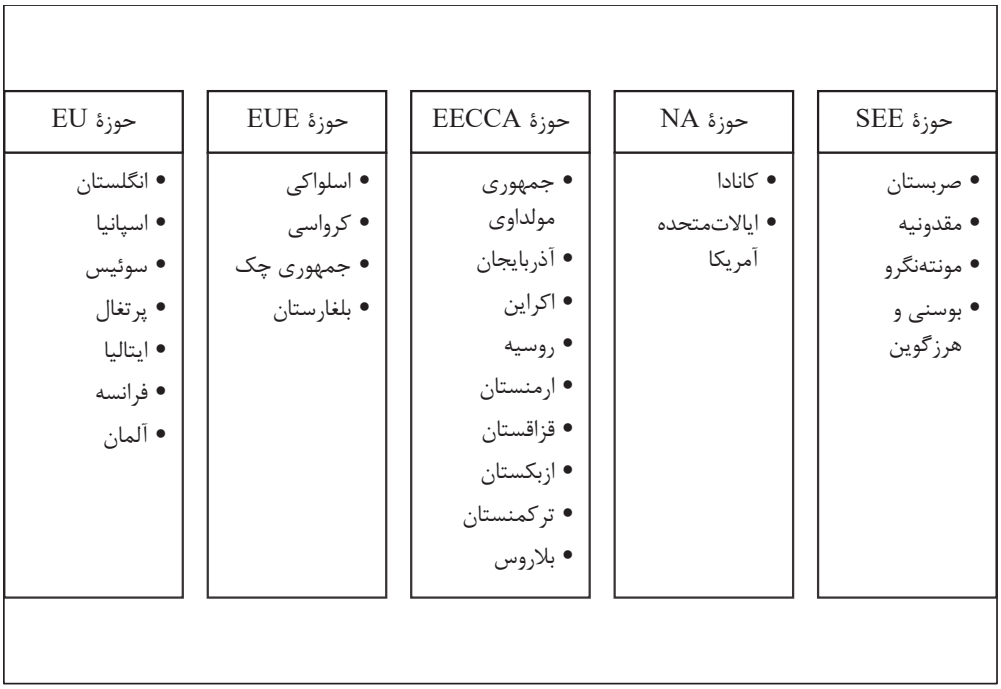
کلیدواژگان: مقررات، ساختمان، استاندارد، بهره‌وری.

۱ـ مقدمه

سالانه بیش از ۳۲ درصد از کل انرژی مصرفی کشور در ساختمان‌ها به مصرف می‌رسد. ساختمان‌ها همچنین عامل انتشار بیش از ۲۲ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور هستند. این سطح از مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای دال بر عدم برخورداری ساختمان‌های کشور از سطح مناسبی از بهره‌وری انرژی است.

تدوین مقررات انرژی در ساختمان کار دشواری بوده و نیازمند مشارکت طیف وسیعی از کارشناسان در زمینه‌های مختلف است. تقسیم‌بندی این استانداردها نیز از چالش‌های دیگر بازنگری است. مقررات مربوطه معمولاً شامل بندهای اجباری و اختیاری می‌شوند که بسته به نوع ساختمان متفاوت‌اند. همچنین، شرایط اقلیمی مختلف در کشور، رفتارهای مختلف مصرف‌کننده و روش‌های ساخت‌وساز متفاوت در این اقلیم‌ها، در تقسیم‌بندی مقررات مربوطه تأثیرگذارند و ارائهٔ استانداردهای جامع را با مشکل مواجه می‌سازد. برای رفع این چالش‌ها در فرایندهای تدوین یا بازنگری، می‌توان از تجارب کشورهای پیشرو در زمینهٔ مقررات انرژی ساختمان بهره گرفت. این فرایند نیازمند ارزیابی جامعی از استانداردها و فناوری‌های لازم برای بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان در کشورهای مختلف است که بتوان به آن وسیله مؤثرترین سیاست‌ها را برای اقتباس و رفع مشکلات امروزی ساختمان‌های کشور اتخاذ کرد.

این مطالعه رویکردهای گوناگون ۲۸ کشور در ۵ حوزهٔ گوناگون را در زمینهٔ ارائهٔ استانداردها و فناوری‌های نوآورانه برای ارتقای بهره‌وری انرژی در ساختمان بررسی می‌کند. شکل ۱ حوزه‌ها و کشورهای مطالعه‌شده را نشان می‌دهد. منظور از EU کشورهای اصلی عضو اتحادیهٔ اروپا است. EUE کشورهایی مانند بلغارستان، کرواسی، جمهوری چک و اسلواکی هستند که به اتحادیهٔ اروپا ملحق شده‌اند. EECCA شامل کشورهای اروپای شرقی، قفقاز، آسیای مرکزی و روسیه می‌شود. NA شامل کشورهای آمریکای شمالی یعنی کانادا و ایالات‌متحدهٔ آمریکا است. منظور از SEE نیز کشورهای واقع در جنوب غربی قارهٔ اروپا است. این مطالعه پس از ارزیابی و ارائهٔ استانداردهای مربوطه در کشورهای یادشده، مؤثرترین سیاست‌ها و استانداردهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان را شناسایی ارائه می‌نماید. همچنین جایگاه قانونی و سطح پوشش استانداردهای وابسته به مصرف انرژی ساختمان در مقررات ملی طیف وسیعی از کشورهای عمدتاً اروپایی ارزیابی و میزان سخت‌گیری در استانداردها، الزامات فنی، مکانیسم‌های اجرا و انطباق، همچنین استفاده از مصالح ساختمانی و محصولات کارآمد در راستای ارتقای بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها بررسی می‌شود.



شکل ۱. حوزه‌ها و کشورهای مطالعه‌شده

۲ـ مقررات ملی و مقررات محلی

مقررات انرژی در برخی از کشورهای مطالعه‌شده در سطح ملی تعریف شده‌اند. به بیان دیگر، تمام ساختمان‌های موجود در کشور، بسته به نوع ساختمان، باید از مقررات واحدی استفاده کنند. معمولاً کشورهای با گسترهٔ جغرافیایی کوچک از این نوع مقررات استفاده می‌کنند. کشورهای وسیع‌تر که بیشتر ایالت‌های متعدد با شرایط اقلیمی گوناگون دارند، مقررات انرژی معمولاً بر اساس شرایط اقلیمی حاکم بر ایالت‌های مختلف تعریف می‌شوند [۱]. در این‌گونه کشورها، مقررات انرژی ساختمان معمولاً توسط دولت‌های ایالتی تدوین می‌شوند. این کشورها معمولاً مساحت زیادی دارند که به‌صورت فدرال اداره می‌شوند. دولت فدرال معمولاً اساسنامه‌ای برای مقررات ملی ساختمان در کل کشور ارائه می‌دهد. دولت‌های ایالتی با توجه به شرایط اقلیمی ویژهٔ آن منطقه، مقررات ملی ارائه‌شده را اصلاح کرده و مقررات ویژهٔ هر ایالت را تعریف می‌کنند [۲]. در ایالات‌متحدهٔ آمریکا علاوه بر وجود این اساسنامهٔ ملی، ایالت‌ها نیز مقررات محلی دارند. بر این اساس، عملکرد انرژی ساختمان در این کشور علاوه بر انطباق با مقررات اساسنامه، باید با استانداردهای ایالتی نیز انطباق داشته باشد [۳]. کانادا نیز از مدل ایالات‌متحدهٔ آمریکا در این زمینه استفاده می‌کند. این کشور نیز یک اساسنامه برای کل کشور و مقررات ویژه برای ایالت‌های مختلف دارد [۴].

رکن اصلی تعریف مقررات ساختمان جغرافیا یا اقلیم است. بررسی‌ها نشان می‌دهد کشورهای مطالعه‌شده بیشتر از رکن اقلیم استفاده کرده‌اند و مقررات انرژی را بر اساس شرایط اقلیمی هر

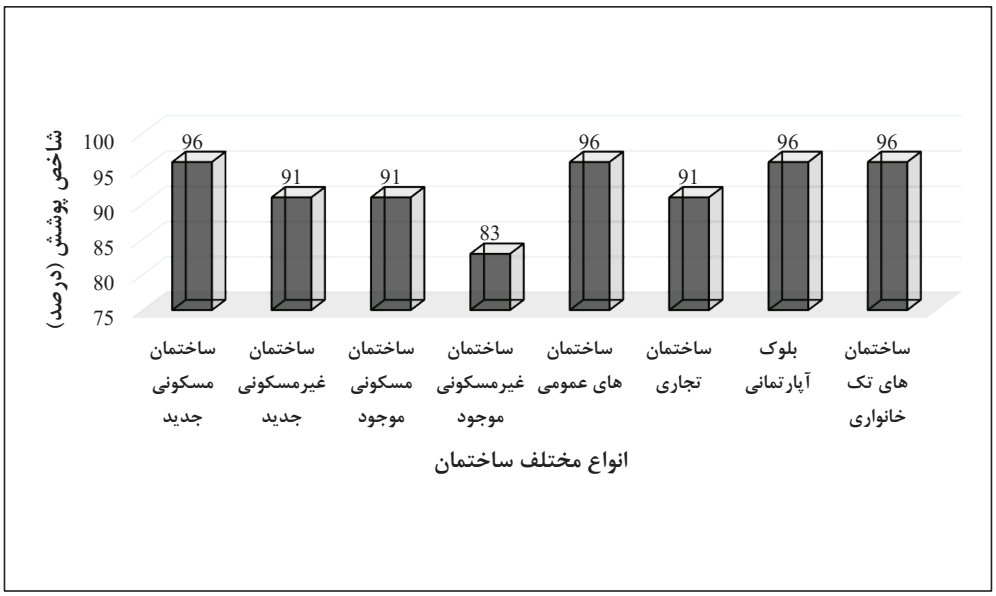
منطقهٔ جغرافیایی تعریف می‌کنند. یک منطقهٔ جغرافیایی محدود به یک ایالت خاص نمی‌شود و ممکن است چندین ایالت مختلف را در بر گیرد. از این منظر، رکن اقلیم به نسبت جغرافیا بیشتر برجسته بوده است. از جنبهٔ دیگر، مقررات ساختمان در هر جغرافیای خاص نیز بر اساس شرایط اقلیمی آن جغرافیا تعریف می‌شود. بر این اساس، می‌توان اقلیم را رکن اصلی تعریف مقررات ساختمان نامید.

بررسی مقررات انرژی کشورهای مطالعه‌شده نشان می‌دهد ۶۲ درصد از این کشورها مقررات انرژی را فقط بر اساس شرایط اقلیمی و ۳۸ درصد بر اساس جغرافیا و شرایط اقلیمی تدوین کرده‌اند. مصرف انرژی کل ساختمان و بارهای حرارتی آن در محاسبات اولیه با استفاده از داده‌های آب‌وهوایی آن منطقه محاسبه می‌شوند. دقت این محاسبات در سطح وسیعی بر بازدهی انرژی ساختمان‌ها در دورهٔ عملکرد آن‌ها تأثیرگذار است. بنابراین، تقسیم‌بندی شرایط آب‌وهوایی کشور در مقررات انرژی از این منظر اهمیت دارد. برای مثال، کشور مونته‌نگرو برای محاسبات انرژی و بارهای حرارتی در ساختمان سه اقلیم مختلف و بوسنی و هرزگوین ۲ اقلیم بر اساس شرایط آب‌وهوایی کلی کشور در نظر گرفته‌اند [۵, ۶]. عملکرد انرژی و بارهای حرارتی هر ساختمان در هر اقلیم خاص باید منطبق بر استانداردهای ارائه‌شده برای آن اقلیم باشند. آلبانی نیز بر این اساس سه اقلیم A، B و C تعریف می‌کند [۷]. اقلیم A آب‌وهوای ساحلی معتدل و مرطوب، اقلیم B آب‌وهوایی نسبتاً معتدل و اقلیم C آب‌وهوای سرد و کوهستانی دارد. تقریباً نیمی از ساختمان‌های آلبانی در اقلیم B، ۳۰ درصد از ساختمان‌ها در اقلیم A و حدود ۱۶ درصد در اقلیم C واقع‌شده‌اند.

۳ـ شاخص‌های پوشش و سخت‌گیری در مقررات ساختمان

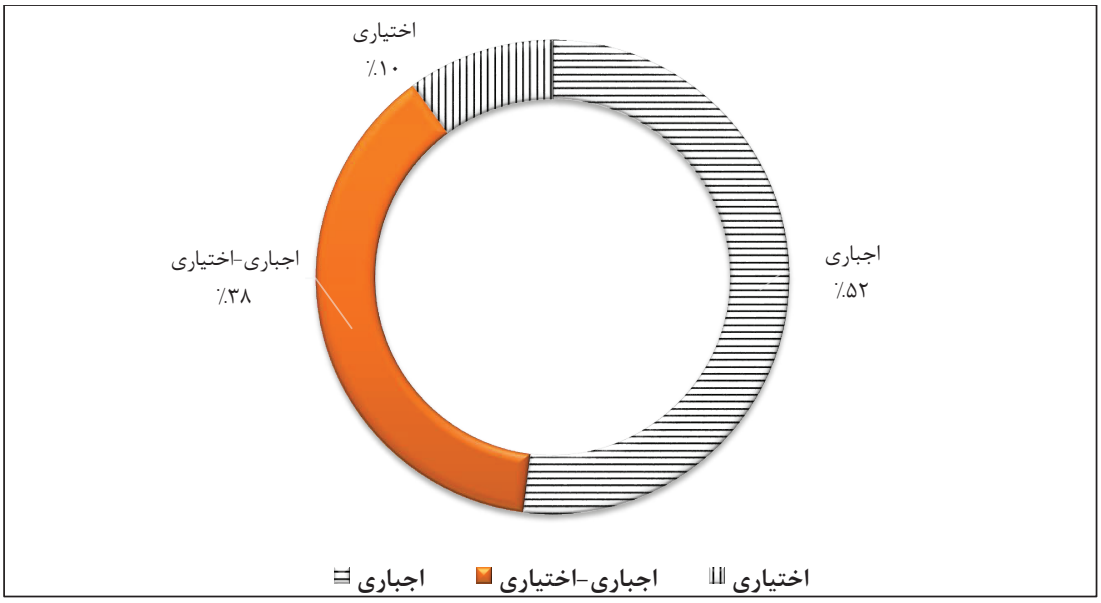
شیوهٔ تدوین و استفاده از مقررات انرژی به کاربری و نوع ساختمانی که انتظار می‌رود پوشش دهد، بستگی دارد. مقررات انرژی باید به‌گونه‌ای تدوین شوند که کاربری‌های مختلف را پوشش دهند. به هر میزان که مقررات انرژی کاربرد بیشتری داشته باشد، از پوشش بیشتری برخوردار است [۸]. ارزیابی مقررات در کشورهای بررسی‌شده نشان می‌دهد بیشتر این مقررات انواع مختلف ساختمان را شامل می‌شوند. تقریباً ۹۶ درصد از این مقررات دارای بندهای ویژه‌ای برای ساختمان‌های مسکونی جدید است. ۹۱ درصد از مقررات بررسی‌شده حاوی بندهایی برای بهسازی ساختمان‌های مسکونی موجود و ساختمان‌های غیرمسکونی جدید هستند. در میان انواع مختلف ساختمان، کمترین توجه به بهسازی ساختمان‌های غیرمسکونی موجود داده شده است. گذشته از کاربری ساختمان‌ها، نوع آن‌ها نیز در بیشتر مقررات بررسی‌شده لحاظ شده است. تقریباً ۹۶ درصد از مقررات بررسی‌شده شامل بندهای ویژه‌ای برای ساختمان‌های عمومی، بلوک‌های آپارتمانی و منازل تک‌خانواری هستند. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد به ساختمان‌های تجاری در این میان توجه کمتری شده است، به‌گونه‌ای که فقط ۹۱ درصد از این مقررات حاوی بندهایی در زمینهٔ ساختمان‌های تجاری هستند [۹]. شکل ۲ مقررات بررسی‌شده را بر اساس شمول انواع

مختلـف سـاختمان ارزیابـی می‌کنـد.



شکل ۲. مقایسهٔ پوشش انواع ساختمان در مقررات ساختمان بررسی‌شده [۷, ۱۰-۳۶]

مقـررات انـرژی در سـطوح مختلفـی از سـخت‌گیری تدویـن می‌شـوند. شـاخص سـخت‌گیری یکـی از معیارهـای اساسـی بـرای ارزیابـی مقـررات انـرژی اسـت. بـر اسـاس شـاخص سـخت‌گیری، اسـتانداردهای موجـود در مقـررات می‌تواننـد داوطلبانـه، اجبـاری و یـا اینکـه بسـته بـه شـرایط اقلیمـی مـکان، اجبـاری- اختیـاری (ترکیبـی از اسـتانداردهای اجبـاری و اختیـاری) باشـند [۳۷]. بـر اسـاس شـکل ۳، از میـان اسـتانداردهای بررسی‌شـده، ۵۲ درصـد اجبـاری، ۳۸ درصـد اجبـاری- اختیـاری و ۱۰ درصـد اختیـاری هسـتند. مقـررات تدوین‌شـده را نیـز در سـطح کلـی می‌توانـد در ایـن سـه دسـته تقسـیم‌بندی کـرد. مقـررات اجبـاری بـه ایـن معناسـت کـه تمـام اسـتانداردهای ارائه‌شـده توسـط آن لازم‌الاجـرا هسـتند. از ایـن منظـر، مقـررات اجبـاری از مجموعـه‌ای از اسـتانداردهای اجبـاری تشـکیل شـده اسـت. ارزیابی‌هـا نشـان می‌دهـد در ۵۶ درصـد از مـوارد، مقـررات سـاختمانی اجبـاری هسـتند. ایـن مقـررات شـامل سـاختمان‌های جدیـد و موجـود می‌شـوند. مقـررات بررسی‌شـده در ۳۳ درصـد از مـوارد به‌صـورت اجبـاری- اختیـاری تدویـن شـده‌اند. بـه بیـان دیگـر، بخشـی از بندهـای ارائه‌شـده توسـط ایـن مقـررات اجبـاری و بخشـی نیـز اختیـاری هسـتند. در ۱۱ درصـد از مـوارد، مقـررات سـاختمان بـه طـور کلـی اختیـاری بـوده و فقـط بـرای انـواع خاصـی از سـاختمان‌ها در بخـش مسـکونی اعمـال می‌شـوند.



شکل ۳. تفکیک مقررات بررسی‌شده بر اساس شاخص سخت‌گیری [۷, ۱۰-۳۶]

جدول ۱ وضعیت حقوقی و پوشش مقررات انرژی ساختمان در کشورهای منتخب را نشان می‌دهد. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که مقررات انرژی کشورهای EU و EUE از درصد پوشش و میزان سخت‌گیری بیشتری به نسبت مقررات ساختمانی کشورهای EECCA و NA برخوردارند. مقررات کشورهای واقع‌شده در حوزهٔ EECCA به سبب داشتن درصد پوشش کمتر، در سال‌های اخیر بارها مقررات ساختمانی خود را بازنگری کرده تا استانداردهای آن‌ها قابلیت اعمال برای انواع بیشتری از ساختمان را پیدا کنند [۳۸].

جدول ۱. ارزیابی شاخص‌های پوشش و سخت‌گیری در مقررات ساختمانی کشورهای بررسی‌شده

کشور	پوشش				سخت‌گیری
	ساختمان جدید	ساختمان موجود	ساختمان مسکونی	ساختمان تجاری	
حوزهٔ EU					
انگلستان [۱۰]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
اسپانیا [۱۱]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
سوئیس [۱۲]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
پرتغال [۱۳]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
ایتالیا [۱۴]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
فرانسه [۱۵]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری

آلمان [۱۶]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
حوزهٔ EUE					
اسلواکی [۱۷]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
کرواسی [۱۸]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
جمهوری چک [۱۹]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
بلغارستان [۲۰]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
حوزهٔ EECCA					
گرجستان [۲۱]	مسکونی	-	-	-	اجباری
جمهوری مولداوی [۲۲]	غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
آذربایجان [۲۳]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اختیاری
اوکراین [۲۴]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
روسیه [۲۵]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
ارمنستان [۲۶]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
قزاقستان [۲۷]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
ازبکستان [۲۸]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
ترکمنستان [۲۹]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
بلاروس [۳۰]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
حوزهٔ NA					
کانادا [۳۱]	مسکونی غیرمسکونی	-	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
ایالات‌متحدهٔ آمریکا [۳۲]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
حوزهٔ SEE					
آلبانی [۷]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
مقدونیه [۳۳]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری
صربستان [۳۴]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری

مونته‌نگرو [۳۵]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری
بوسنی و هرزگوین [۳۶]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری

مقررات انرژی فرانسه بر اساس شاخص‌های پوشش و سخت‌گیری بهترین عملکرد را به خود اختصاص می‌دهد. این کشور مقررات ساختمانی جامعی دارد که طیف وسیعی از انواع ساختمان با کاربری‌های مختلف را شامل می‌شود و اجرای آن اجباری است. فرانسه یکی از اعضای اتحادیهٔ اروپا است که مطابق با مصوبهٔ اتحادیهٔ اروپا مبنی بر «بخشنامهٔ عملکرد انرژی ساختمان‌ها» در سال ۲۰۰۲، مقررات انرژی خود را در سال ۲۰۰۵ بازنگری کرده است. مقررات ساختمانی این کشور علاوه بر ساختمان‌های جدید، توجه ویژه‌ای به ساختمان‌های موجود دارد و حداقل الزامات مورد نیاز را برای عملکرد و یا بازسازی این ساختمان‌ها تشریح می‌کند [۳۹].

پس از فرانسه، مقررات ساختمانی ایالت کالیفرنیا بهترین عملکرد را از نظر شاخص‌های پوشش و سخت‌گیری به خود اختصاص می‌دهد. ایالت کالیفرنیا سابقهٔ طولانی در توسعهٔ مقررات ساختمانی الزام‌آور دارد. مقررات ساختمانی این ایالت در سال ۲۰۱۶ بازنگری شده است و مشمول الزاماتی برای ساختمان‌های با مصرف انرژی خالص صفر[1] شده است. بر اساس این اصلاحیه، ساختمان‌های مسکونی جدید تا سال ۲۰۲۰، ساختمان‌های تجاری جدید تا سال ۲۰۳۰، ساختمان‌های اداری جدید و نیمی از ساختمان‌های اداری موجود تا سال ۲۰۲۵، همچنین نیمی از ساختمان‌های تجاری موجود تا سال ۲۰۳۰، ملزم به اجرای الزامات ساختمان‌های با مصرف انرژی خالص صفر هستند [۴۰].

مقررات ساختمانی کشور ارمنستان بر اساس شاخص‌های پوشش و سخت‌گیری در جایگاه سوم قرار می‌گیرد. ارمنستان در سال ۲۰۱۶ مقررات ساختمانی خود را بازنگری کرد و قانون «حفاظت حرارتی از ساختمان[2]» را بر اساس مقررات ساختمانی کشور روسیه تصویب کرد. این قانون اجرای مقررات وابسته به مصرف انرژی در ساختمان را اجباری می‌کند. بر اساس این بازنگری، مصالح ساختمانی باید از مجموعهٔ مصالح مجاز ارائه‌شده توسط مقررات، همچنین بر اساس شرایط آب‌وهوایی و مقادیر قابل قبول اتلاف حرارت از پوستهٔ ساختمان انتخاب شوند. مقررات ساختمانی این کشور الزام‌آور بوده و نیازمند صدور گواهی‌نامه و اعطای برچسب انرژی است [۴۱].

1. Net Zero Energy Building
2. Thermal Protection of Buildings

٤ـ مقررات تجویزی و مقررات مبتنی بر عملکرد

یکی دیگر از معیارهای مهم در تدوین مقررات ساختمان روش استفاده‌شده برای ارزیابی مصرف انرژی ساختمان است. مقررات تجویزی[1] معمولاً حداقل الزامات عملکرد انرژی را برای هر یک از اجزای ساختمان تعیین می‌کنند [۴۲]. این نوع مقررات معمولاً حدود مجاز برای اتلاف حرارت از پنجره‌ها، دیوارها، بام و کف ساختمان، همچنین بازدهی سیستم‌های سرمایش، گرمایش و تجهیزات روشنایی را مشخص می‌کنند. استانداردهای تجویزی معمولاً به‌راحتی قابل اجرا و ارزیابی هستند، ولی از انعطاف کمی برخوردارند. به خلاف مقررات تجویزی، در مقررات ساختمان مبتنی بر عملکرد[2] کل ساختمان به‌عنوان یک سیستم واحد در نظر گرفته می‌شود و اجزای ساختمان به‌عنوان عناصر سازندهٔ سیستم تلقی می‌شوند [۴۳, ۴۴]. به بیان دیگر، در این نوع مقررات، علاوه بر عملکرد اجزای سازندهٔ ساختمان، عملکرد کل ساختمان در نظر گرفته می‌شود. فاکتورهای حائز اهمیت در محاسبهٔ مصرف انرژی ساختمان در این نوع مقررات عبارت‌اند از: فرم و جهت‌گیری ساختمان، روشنایی روز، جذب حرارت خورشید و سایه‌اندازی، نسبت مساحت پنجره به دیوار، اینرسی ساختمان، پل‌های حرارتی، تهویهٔ طبیعی و مکانیکی، آسایش حرارتی در محیط داخل، بارهای داخلی ناشی از وسایل، تجهیزات و ساکنان ساختمان، بازدهی اجزا و تجهیزات ساختمان، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و استفاده از کنترل‌کننده‌های هوشمند. استانداردهای مبتنی بر عملکرد از پیچیدگی بیشتری برخوردارند؛ اما طراحان با استفاده از این نوع مقررات می‌توانند مشخصات ساختمان را بارها در مرحله طراحی تغییر دهند بدون آنکه تغییر زیادی در وضعیت انطباق کلی ساختمان ایجاد شود [۴۵]. معمولاً دو رویکرد در اعمال مقررات مبتنی بر عملکرد اتخاذ می‌شود. در رویکرد اول سعی می‌شود که تناسبی در رابطه با طراحی پوستهٔ ساختمان ایجاد شود. اگر پوستهٔ ساختمان در این رویکرد عملکرد مناسبی داشته باشد، امکان تناسب در سایر عناصر ساختمان نیز فراهم می‌شود. برای مثال، در صورتی که عایق به‌کاررفته در دیوار ساختمان ضخیم‌تر از حد معمول باشد، می‌توان از ضخامت عایق‌های کف و بام ساختمان در حد تناسب کاسته شود. در رویکرد دوم سعی می‌شود که تناسبی همزمان در رابطهٔ طراحی با پوستهٔ ساختمان و سیستم‌های سرمایش، گرمایش و روشنایی ساختمان ایجاد شود. این رویکرد پیچیدگی بیشتری دارد و نیازمند مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای برای دستیابی به انطباق است [۴۶].

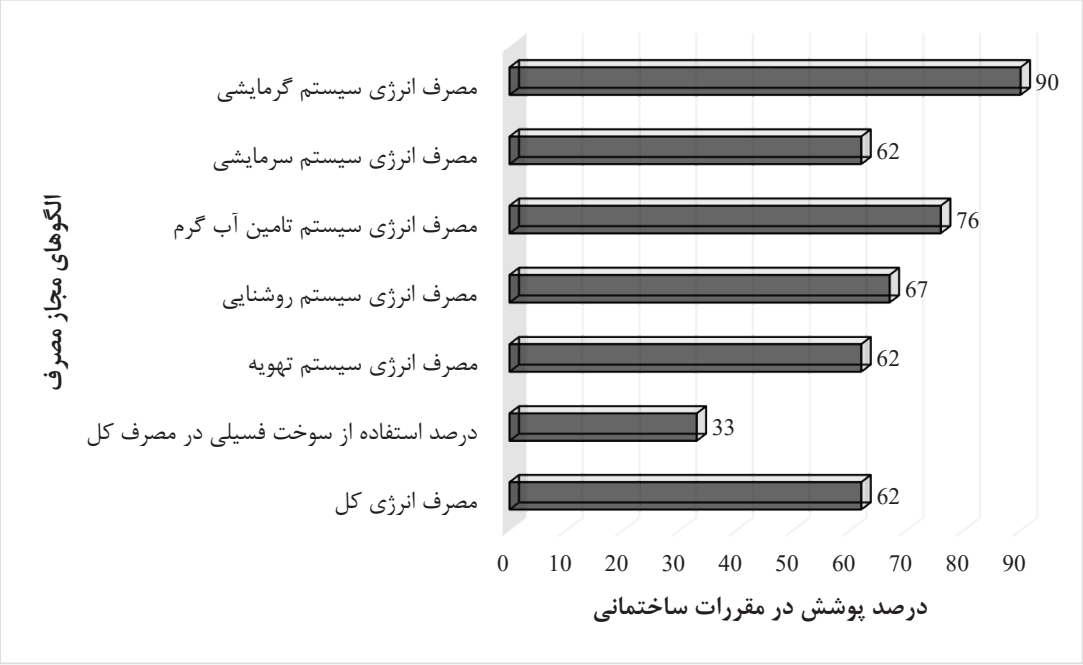
مقررات وابسته به بازدهی انرژی در مقررات مبتنی بر عملکرد بیشتر با معیارهایی در رابطه با پوستهٔ ساختمان آغاز می‌شوند [۴۷]. تقریباً تمام مقررات بررسی‌شده معیارهایی در رابطه با پوستهٔ ساختمان[3] دارند. پس از بهبود شرایط پوستهٔ ساختمان، مقررات بررسی‌شده بیشتر بر مصرف انرژی سیستم‌های تهویه مطبوع تمرکز می‌کنند. پس از سیستم‌های تهویه مطبوع، استانداردهای سایر تأسیسات و انرژی‌های تجدیدپذیر مورد توجه قرار می‌گیرند [۴۸]. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد

1. Prescriptive Building Energy Codes
2. Performance Building Energy Codes
3. Building Envelope

۹۰ درصد از مقررات بررسی‌شده حاوی استانداردهای مبتنی بر عملکرد برای ساختمان‌های جدید، ۷۷ درصد برای ساختمان‌های جدید و موجود و ۳۳ درصد برای سیستم‌های توسعهٔ بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های موجود هستند [۴۹].

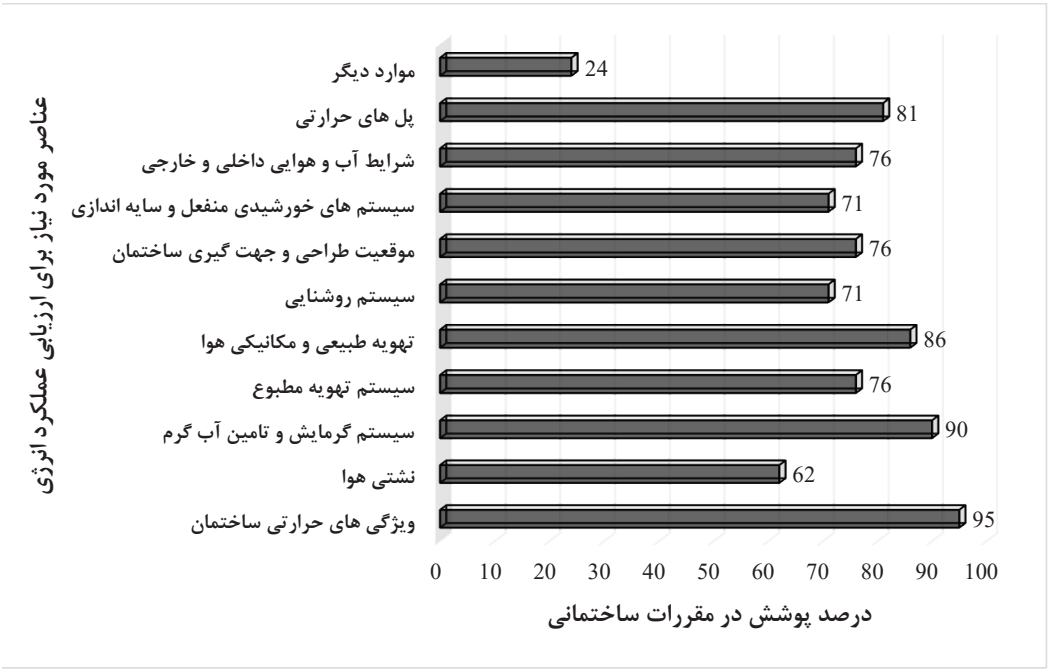
۵ـ عناصر لازم در تدوین مقررات

تعریف کردن سطوح مجاز مصرف انرژی در مقررات ساختمان اهمیت زیادی دارد. این موضوع در رابطه با مقررات تجویزی اهمیت بیشتری دارد. استانداردهای وابسته به بازدهی انرژی ساختمان باید حدود مجاز برای مصارف مختلف در ساختمان را تعیین کنند [۵۰, ۵۱]. به بیان دیگر، استاندارد تدوین‌شده باید الگوی مصرف مجاز برای استفاده از سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی، سیستم تأمین آب گرم، سیستم روشنایی، سیستم تهویه و دیگر تجهیزات را مشخص کنند. مقررات ساختمانی همچنین باید مقادیر مجاز برای مصرف کل ساختمان و درصد مجاز استفاده از سوخت‌های فسیلی در سبد انرژی ساختمان را تعیین کنند. این موضوع در رابطه با مقررات مبتنی بر عملکرد برجسته‌تر است. ارزیابی مقررات بررسی‌شده نشان می‌دهد تقریباً ۹۰ درصد از این مقررات شامل حدود مجاز مصرف برای سیستم گرمایشی، ۷۶ درصد شامل حدود مجاز برای سیستم تأمین آب گرم و ۶۷ درصد شامل استاندارد در رابطه با مصرف سیستم روشنایی هستند [۵۲]. شکل ۴ میزان پوشش الگوهای مجاز مصرف در مقررات ساختمانی بررسی‌شده را نشان می‌دهد.



شکل ۴. درصد پوشش الگوهای مجاز برای مصارف مختلف در مقررات ساختمانی بررسی‌شده [۷, ۱۰-۳۶]

مقررات ساختمانی بسته به روش ارائه‌شده برای ارزیابی عملکرد انرژی، معمولاً عناصر مورد نیاز برای این ارزیابی را تعریف می‌کنند. این عناصر شامل ویژگی‌های حرارتی ساختمان، نشتی هوا، سیستم گرمایش و تأمین آب گرم، سیستم تهویهٔ مطبوع، تهویهٔ طبیعی و مکانیکی هوا، سیستم روشنایی، موقعیت طراحی و جهت‌گیری ساختمان، سیستم‌های خورشیدی غیرفعال و سایه‌اندازی، شرایط آب‌وهوایی داخلی و خارجی، پل‌های حرارتی و دیگر موارد می‌شوند [۵۳]. از میان عناصر نام‌برده، ویژگی‌های حرارتی ساختمان با ۹۵ درصد، سیستم‌های گرمایش و تهیهٔ آب گرم با ۹۰ درصد و تهویهٔ طبیعی و مکانیکی هوا با ۸۶ درصد بیشترین پوشش را در مقررات بررسی‌شده دارند [۵۴]. شکل ۵ درصد پوشش عناصر یادشده را در مقررات بررسی‌شده نشان می‌دهد.



شکل ۵. درصد پوشش عناصر مورد نیاز برای ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان در مقررات ساختمانی بررسی‌شده [۷, ۱۰-۳۶]

٦ـ بررسی شرایط انطباق

صاحبان و مدیران ساختمان به اطلاعات دقیقی در رابطه با عملکرد انرژی ساختمان خود نیاز دارند. مقررات ساختمانی باید به‌گونه‌ای تدوین شوند که بتوان به‌وسیلهٔ آن‌ها تأثیر سرمایه‌گذاری در بهره‌وری انرژی را بر کاهش مصرف انرژی و بهبود آسایش حرارتی و سلامتی ساکنان به‌صورت کمی بررسی کرد. شکاف عملکرد انرژی[1] اصطلاحی است که بر اختلاف بین عملکرد تخمین زده‌شده برای ساختمان در مرحلهٔ طراحی و عملکرد واقعی ساختمان در مرحلهٔ کارکرد دلالت دارد [۵۵, ۵۶]. درواقع، برای مشخص کردن میزان شکاف عملکرد، نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های سادهٔ انرژی در مرحلهٔ طراحی را با عملکرد واقعی ساختمان در مرحلهٔ کارکرد مقایسه می‌کنند.

1. Energy Performance Gap

یکـی از شـناخته‌ترین ابـزار تأییـد انطبـاق در حـوزۀ سـاختمان پروتـکل اندازه‌گیـری و تأییـد عملکـرد بین‌المللـی[1] (IPMVP) اسـت کـه معمـولاً بـرای بـه تصویـر کشـیدن شـکاف عملکـرد در سـاختمان‌ها اسـتفاده می‌شـود. ارزیابـی مقـررات بررسی‌شـده نشـان می‌دهـد فقـط ۱۷ درصـد از ایـن مقـررات از پروتـکل IPMVP بـرای تأییـد انطبـاق اسـتفاده می‌کننـد. در نیمـی از مقـررات بررسی‌شـده تأییـد انطبـاق بـر اسـاس نرم‌افزارهایـی صـورت می‌گیـرد کـه توسـط مقامـات ذی‌ربـط بـرای محاسـبۀ شـکاف عملکـرد در سـاختمان‌ها توسـعه داده شـده‌اند. انطبـاق بـا معیارهـای ارائه‌شـده در ایـن مقـررات می‌توانـد اجبـاری یـا داوطلبانـه باشـد [۵۷]. تقریبـاً در نیمـی از ایـن مقـررات بررسی‌شـده ماننـد مقـررات مقدونیـۀ شـمالی درصد مجـازی بـرای شـکاف عملکـرد عنـوان نشـده اسـت. بررسـی‌های صورت‌گرفتـه بیانگـر افزایـش شـکاف عملکـرد در سـال‌های اخیـر بـوده اسـت. ایـن موضـوع می‌توانـد در نتیجـۀ وجـود نقـص در روش‌هـای محاسـبه و یـا عـدم دقـت کافـی در طراحـی و اجـرا باشـد [۵۸]. بـرای مثـال، انطبـاق بـا معیارهـای پـل حرارتـی در سـاختمان در ۶۸ درصـد از مـوارد، و انطبـاق بـا معیارهـای نشـتی هـوا، در ۷۴ درصـد از مـوارد در مقـررات بررسی‌شـده به‌صـورت داوطلبانـه تعریـف شـده اسـت. مطالعـات صورت‌گرفتـه بـر وجـود ۳۰ تـا ۳۰۰ درصـد شـکاف در عملکـرد سـاختمان‌های مسـکونی سـوئیس حکایـت دارد. تحقیقـات در کشـور روسـیه نشـان می‌دهـد مصـرف واقعـی سـاختمان‌های مسـکونی در برخـی از مـوارد تـا دو برابـر بیشـتر از مصـرف تخمیـن زده‌شـده در مرحلـۀ طراحـی اسـت. ایـن رقـم در رابطـه بـا سـاختمان‌های مسـکونی کشـور آلبانـی حـدود ۳۰ تـا ۴۰ درصـد اسـت. بنابرایـن، اختـلاف زیـادی بیـن میانگیـن شـکاف عملکـرد قابـل قبول در مقـررات بررسی‌شـده وجـود دارد.

۷ـ نظام ملی ثبت اطلاعات ساختمان

یکـی دیگـر از عوامـل مهـم در رابطـه بـا مقـررات ملـی سـاختمان راه‌انـدازی پایـگاه ملـی ثبـت اطلاعـات سـاختمان بـه انضمـام نظـام صـدور گواهی‌نامـۀ انـرژی اسـت [۵۹]. نظـام ثبـت اطلاعـات متمرکـز نه‌تنهـا سـازوکاری بـرای کنتـرل مصـرف انـرژی در کشـور اسـت، بلکـه به‌عنـوان ابـزار مفیدی بـرای نظـارت و ارزیابی راندمـان انـرژی بخـش سـاختمان کشـور نیـز تلقـی می‌شـود. ارزیابی‌هـا و ممیزی‌هـای صورت‌گرفتـه از سـاختمان بـر اسـاس مقـررات سـاختمانی بایـد در پایـگاه اطلاعاتـی ویـژه‌ای ثبـت شـود [۶۰]. ایـن اطلاعـات بـرای تسـهیل بازرسـی دوره‌ای سـاختمان اهمیـت زیـادی دارنـد. ارزیابی‌هـای صورت‌گرفتـه نشـان می‌دهـد فقـط نیمـی از مقـررات سـاختمانی بررسی‌شـده دارای پایـگاه ثبـت اطلاعـات هسـتند. درواقـع، در رابطـه بـا ۳۹ درصـد از مقـررات بررسی‌شـده هیچ‌گونـه پایـگاه ثبـت اطلاعاتـی تـا کنـون راه‌انـدازی نشـده اسـت. در رابطـه بـا ۱۱ درصـد از مـوارد نیـز اطلاعـات دقیقـی وجـود نـدارد. بـرای مثـال، در کشـور اسـپانیا هیچ‌گونـه پایـگاه اطلاعاتـی بـرای ثبـت نتایـج ارزیابی‌هـا و ممیزی‌هـای صورت‌گرفتـه از سـاختمان وجـود نـدارد؛ ایـن در حالـی اسـت کـه مقـررات ملـی سـاختمان در ایـن کشـور از نـوع اجبـاری اسـت. به‌عـلاوه، بـا وجـود اینکـه انـواع مختلـف سـاختمان بـا کاربری‌هـای مختلـف در مقـررات

1. International Performance Measurement & Verification Protocol

ساختمانی کشورهای بررسی‌شده لحاظ شده است، اما این موضوع در رابطه با صدور گواهی‌نامهٔ انرژی نادیده گرفته شده است. گواهی‌نامهٔ انرژی ساختمان، سندی است که بیانگر میزان کارایی انرژی ساختمان است. این سند که توسط بازرس انرژی ساختمان تأیید شده است، براساس مقررات ملی ساختمان برای ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی صادر می‌شود. به بیان دیگر، مقررات ساختمانی برخی از این کشورها دارای استانداردها و الزامات مشخصی برای طراحی و ساخت نوع خاصی از ساختمان (مثلاً تجاری) هستند، ولی هیچ‌گونه ابزار نظارتی و تطابق، همچنین نظام صدور گواهی‌نامهٔ انرژی برای آن نوع خاص از ساختمان در نظر گرفته نشده است. بنابراین از این منظر، در صورتی که ساختمانی با کاربری خاص در مقررات ساختمانی لحاظ شده باشد، گواهی‌نامهٔ انرژی برای آن نوع خاص از ساختمان نیز باید در نظام مهندسی ساختمان نیز توسعه یابد تا بتوان از اثربخشی الزامات و استانداردهای تدوین‌شده اطمینان حاصل کرد [۶۱]. جدول ۲ گواهی‌نامه‌های انرژی کشورهای بررسی‌شده را بر اساس شاخص‌های پوشش، سخت‌گیری و وجود نظام ملی ثبت اطلاعات ارزیابی می‌کند.

ارزیابی‌ها بر اساس شاخص‌های یادشده نشان می‌دهد گواهی‌نامه‌های انرژی در مقررات کشورهای حوزه‌های EU، EUE و NA به نسبت پوشش و سخت‌گیری بیشتری داشته و پایگاه ثبت اطلاعات در نظام مهندسی ساختمان بیشتر این کشورها در نظر گرفته شده است. دریافت گواهی‌نامهٔ انرژی برای ساختمان در کشور کانادا اجباری نیست، اما دولت فدرال این کشور سیستم رتبه‌بندی خاصی را توسعه داده است که از طریق طرح‌های تشویقی، انگیزهٔ لازم را برای دریافت گواهی‌نامهٔ انرژی توسط مالکان ساختمان فراهم می‌آورد. گواهی‌نامه‌های انرژی بر اساس سیستم رتبه‌بندی در این کشور به صدور برچسب انرژی برای ساختمان می‌انجامد [۶۲]. در رابطه با نظام ملی ثبت اطلاعات، کشورهای دانمارک، استونی، مجارستان، لیتوانی، هلند، پرتغال، اسلواکی و سوئد، پایگاه‌های اطلاعاتی آنلاینی راه‌اندازی کرده‌اند که با مراجعه به آن‌ها و درج آدرس ساختمان می‌توان به اطلاعات اساسی گواهی‌نامهٔ انرژی آن دسترسی پیدا کرد. این سازوکار در کشورهای نروژ، یونان و ایرلند با درج شمارهٔ شناسایی گواهی‌نامهٔ انرژی ساختمان در پایگاه اطلاعاتی آنلاین این کشورها صورت می‌پذیرد [۶۳]. کشورهای حوزهٔ EECCA در سال‌های اخیر تلاش زیادی برای توسعه و تکمیل گواهی‌نامه‌های انرژی ساختمان کرده‌اند؛ اما مقررات ساختمانی این کشورها همچنان در بخش‌های ارزیابی و انطباق با مشکلات زیادی روبه‌رو هستند.

بهترین عملکرد را از نظر نظام ملی ثبت اطلاعات کشور اسلواکی به خود اختصاص می‌دهد. پایگاه ثبت اطلاعات ساختمان این کشور در سال ۲۰۱۰ راه‌اندازی شد. اطلاعات مربوط به گواهی‌نامه‌های انرژی جدید باید توسط کارشناسان معتبر برای دریافت تأییدیهٔ نهایی در سامانهٔ ثبت اطلاعات درج شود. سامانهٔ ثبت اطلاعات در این کشور آنلاین بوده و به اشخاص اجازهٔ دسترسی مستقیم به اطلاعات را می‌دهد. بارگذاری اجباری اطلاعات در این سامانه امکان کنترل خودکار سطح مصرف انرژی در بخش ساختمان کشور را فراهم می‌آورد. علاوه بر کارشناسان معتبر، هر شخص حقیقی

یـا حقوقـی قابلیـت دسترسـی بـه آمـار گواهی‌نامه‌هـای انـرژی را دارد و می‌توانـد اطلاعـات مربـوط بـه مشـخصات گواهی‌نامه‌هـای انـرژی صادرشـده را بـه تفکیـک هـر اسـتان از سـال ۲۰۰۹ تـا کنـون اسـتخراج کنـد. ایـن اطلاعـات شـامل سـال صـدور گواهی‌نامـهٔ انـرژی، کلاس انـرژی سـاختمان، نـوع سـاختمان، آدرس و نـام مهنـدس ناظـر اسـت. تـا نیمـهٔ دوم سـال ۲۰۱۴، تقریبـاً ۴۴ هـزار گواهی‌نامـهٔ انـرژی در ایـن سـامانه بـه ثبـت رسـیده اسـت کـه تقریبـاً ۹۲ درصـد از ایـن تعـداد مربـوط بـه سـاختمان‌های مسـکونی اسـت. طراحـی ایـن سـامانه از لحـاظ اقتصـادی بسـیار کارآمـد بـوده به‌گونـه‌ای کـه سـالانه فقـط ۱۹۲۰۰ یـورو از بودجـهٔ سـالانهٔ کشـور را بـه خـود اختصـاص می‌دهـد. ایـن سـامانه توسـط دولـت تأمیـن اعتبـار می‌شـود. کنتـرل ایـن سـامانه، همچنیـن ارزیابـی گواهی‌نامه‌هـای انـرژی در ایـن کشـور توسـط وزارت حمل‌ونقـل و سـاخت و سـازمان بازرسـی تجـارت صـورت می‌پذیـرد [۶۴].

کشـور روسـیه نیـز در ایـن زمینـه عملکـرد خوبـی دارد. مجلـس این کشـور در سـال ۲۰۱۶ قانونـی تصویب کـرد کـه قوانیـن جدیـدی بـرای تعییـن کلاس انـرژی آپارتمان‌هـا ارائـه می‌کنـد. کلاس انـرژی بـر اسـاس ایـن قانـون بـا مقایسـهٔ مصـرف واقعـی و مصـرف تخمیـن‌زدهٔ انـرژی، بـا در نظـر گرفتـن یـک مقـدار مصـرف مرجـع بـر اسـاس درجـهٔ روز گرمایـش و ارتفـاع سـاختمان تعییـن می‌شـود. گواهی‌نامه‌هـای انـرژی در ایـن کشـور شـامل ۹ کلاس مختلـف اسـت (□++ تـا □). کلاس انـرژی سـاختمان بایـد در گواهی‌نامـهٔ انـرژی و برچسـب انـرژی سـاختمان درج شـود. در کلاس □++ فـرض می‌شـود کـه سـاختمان بـه نسـبت مصـرف مرجـع ۶۰ درصـد صرفه‌جویـی انـرژی دارد. دریافـت گواهی‌نامـهٔ انـرژی بـرای سـاختمان‌های تحـت پوشـش مقـررات انـرژی ایـن کشـور اجبـاری اسـت، امـا تـا کنـون مکانیسـمی بـرای اجرایـی کـردن ایـن سیاسـت صـورت نگرفتـه اسـت [۶۵].

جدول ۲. شاخص‌های پوشش، سخت‌گیری و وجود نظام ملی ثبت اطلاعات در گواهی‌نامه‌های انرژی کشورهای مطالعه‌شده

کشور	پوشش				سخت‌گیری	پایگاه ثبت اطلاعات
	ساختمان جدید	ساختمان موجود	ساختمان مسکونی	ساختمان تجاری		
	حوزهٔ EU					
انگلستان [۱۰]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	دارد
اسپانیا [۱۱]	مسکونی	-	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	ندارد
سوئیس [۱۲]	مسکونی	مسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری	دارد
پرتغال [۱۳]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	دارد
ایتالیا [۱۴]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	ندارد
فرانسه [۱۵]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	دارد

آلمان [۱۶]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری	دارد
حوزهٔ EUE						
اسلواکی [۱۷]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	دارد
کرواسی [۱۸]	-	-	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	دارد
جمهوری چک [۱۹]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	دارد
بلغارستان [۲۰]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	دارد
حوزهٔ EECCA						
گرجستان [۲۱]	-	-	-	-	-	ندارد
جمهوری مولداوی [۲۲]	غیرمسکونی	-	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری	ندارد
آذربایجان [۲۳]	-	-	آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	ندارد
اوکراین [۲۴]	-	-	-	-	-	ندارد
روسیه [۲۵]	مسکونی	-	آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	دارد
ارمنستان [۲۶]	-	-	-	-	-	ندارد
قزاقستان [۲۷]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	
ازبکستان [۲۸]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان عمومی	اجباری	دارد
ترکمنستان [۲۹]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	ندارد
بلاروس [۳۰]	-	-	-	-	-	ندارد
حوزهٔ NA						
کانادا [۳۱]	مسکونی	مسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری	اجباری- اختیاری	ندارد
ایالات‌متحده آمریکا [۳۲]	مسکونی	مسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	-	اجباری- اختیاری	ندارد
حوزه SEE						
آلبانی [۷]	غیرمسکونی	-	-	ساختمان عمومی	اجباری	ندارد
مقدونیه [۳۳]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری	ندارد
صربستان [۳۴]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری	دارد
مونته‌نگرو [۳۵]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری- اختیاری	ندارد
بوسنی و هرزگوین [۳۶]	مسکونی غیرمسکونی	مسکونی غیرمسکونی	تک‌خانوار آپارتمان	ساختمان تجاری ساختمان عمومی	اجباری	دارد

۷ـ الزامات مورد نیاز برای مصالح ساختمانی و تجهیزات

مقـررات سـاختمان معمـولاً الزاماتـی را بـرای اسـتفادۀ مصالـح در ساخت‌وسـازهای جدیـد و یـا بازسـازی سـاختمان‌های موجـود ارائـه می‌دهنـد [۶۶]. ارزیابـی مقـررات بررسی‌شـده نشـان می‌دهـد کـه ۷۲ درصـد از ایـن مقـررات حـاوی الزامـات مشـخصی بـرای تأییـد کیفیـت مصالـح سـاختمانی هسـتند. تقریبـاً ۷۰ درصـد از مقـررات یادشـده تأییـد مصالـح سـاختمانی را بـر اسـاس معیارهـای انطبـاق محصـول بـا قوانین و مشـخصات تعریف‌شـده توسـط اتحادیـۀ اروپـا انجـام می‌دهنـد. ۳۰ درصـد باقی‌مانـده نیـز از معیارهـای سـازمان بین‌المللـی اسـتاندارد (ISO) بـرای ایـن منظـور اسـتفاده می‌کننـد. مقـررات بررسی‌شـده تأکیـد دارنـد کـه آزمایـش و بررسـی مصالـح و تجهیـزات سـاختمانی بایـد توسـط آزمایشـگاه‌های معتبـر صـورت گیـرد [۶۷].

کیفیـت مصالـح سـاختمانی در تعییـن عملکـرد نهایـی سـاختمان مؤثـر اسـت. بنابرایـن از ایـن منظـر، مصالـح سـاختمانی استفاده‌شـده بایـد بـا طراحـی صورت‌گرفتـه بـرای سـاختمان مطابقـت داشـته باشـند و توسـط مراجـع ذی‌ربـط تأییـد شـوند. ایـن در حالـی اسـت کـه بسـیاری از کشـورهای در حـال توسـعه همچنـان فاقـد آزمایشـگاه‌های معتبـر بـرای تأییـد کیفیـت مصالـح سـاختمانی هسـتند و ایـن موضـوع در مقـررات سـاختمانی آن‌هـا تـا کنـون تعریـف نشـده اسـت. بـر اسـاس شـاخص‌های کیفیـت مصالـح سـاختمانی، مقـررات سـاختمانی بایـد تمـام ساخت‌وسـازها را ملـزم بـه اسـتفاده از مصالـح تأییدشـده بکننـد، مصالـح باکیفیـت مجـاز را بـر اسـاس اسـتانداردهای اتحادیـۀ اروپـا یـا سـازمان جهانـی اسـتاندارد ارائـه دهنـد و آزمایشـگاه‌های مجـازی را بـرای آزمایـش کیفیـت مصالـح سـاختمانی مختلـف تعییـن کننـد [۶۸]. جـدول ۳ مقـررات سـاختمانی کشـورهای بررسی‌شـده را بـر اسـاس سـه معیـار یادشـده ارزیابـی می‌کنـد. نتایـج ارزیابـی نشـان می‌دهـد کشـورهای حوزه‌هـای EU و EUE بـه نسـبت سـایر کشـورها در اعمـال ایـن معیارهـا موفق‌تـر عمـل کرده‌انـد.

جدول ۳. الزامات مربوط به کیفیت مصالح ساختمانی در کشورهای بررسی‌شده

کشور	الزام به استفاده از مصالح تأییدشده	استفاده از معیارهای اتحادیۀ اروپا و سازمان جهانی استاندارد در تأیید کیفیت مصالح	الزام به تأیید کیفیت مصالح در آزمایشگاه‌های مجاز و معتبر ملی
حوزۀ EU			
اسپانیا [۱۱]	+	+	+
سوئیس [۱۲]	–	+	–
پرتغال [۱۳]	+	+	+
فرانسه [۱۵]	+	+	+
آلمان [۱۶]	+	+	–
حوزۀ EUE			
اسلواکی [۱۷]	+	+	+
کرواسی [۱۸]	+	+	+

جمهوری چک [۱۹]	+	+	+
بلغارستان [۲۰]	+	+	+
حوزهٔ EECCA			
گرجستان [۲۱]	–	–	–
جمهوری مولداوی [۲۲]	–	+	+
آذربایجان [۲۳]	+	–	+
اوکراین [۲۴]	+	–	–
روسیه [۲۵]	+	+	+
ارمنستان [۲۶]	+	+	+
قزاقستان [۲۷]	+	+	+
ازبکستان [۲۸]	+	+	+
ترکمنستان [۲۹]	+	–	–
بلاروس [۳۰]	+	–	+
حوزهٔ NA			
کانادا [۳۱]	+	+	+
ایالات‌متحدهٔ آمریکا [۳۲]	+	+	+
حوزهٔ SEE			
آلبانی [۷]	–	+	–
مقدونیه [۳۳]	–	+	–
صربستان [۳۴]	+	+	+
مونته‌نگرو [۳۵]	+	+	+
بوسنی و هرزگوین [۳۶]	+	+	+

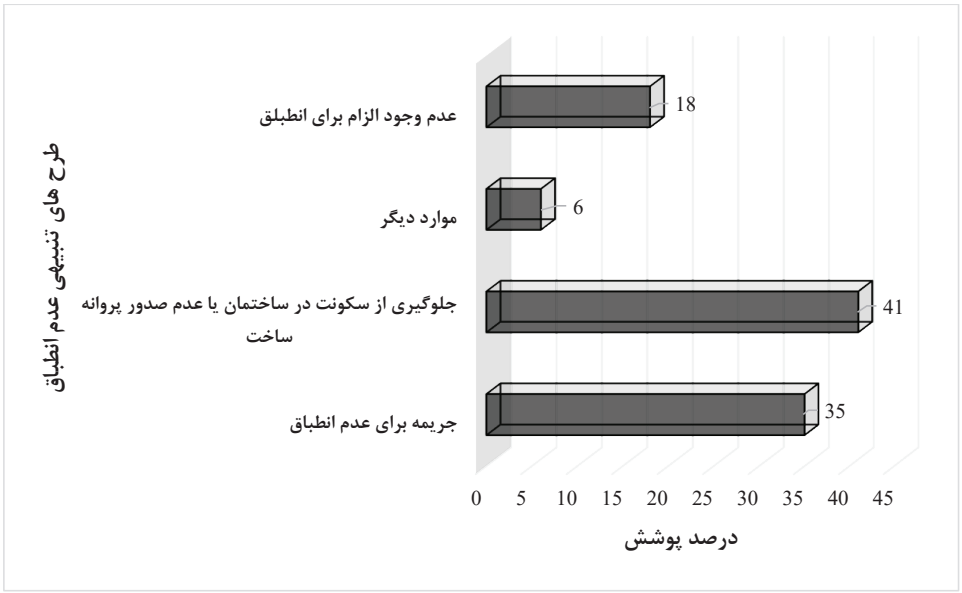
۸ـ نظارت برای تسهیل اجرا و انطباق

ساختمان‌های طراحی‌شده بر اساس مقررات ساختمان باید تحت نظارت و بررسی قرار بگیرند تا از عملکرد مطلوب آن‌ها اطمینان حاصل شود. نظارت برای بررسی انطباق در نیمی از مقررات بررسی‌شده تعریف شده است که در ۴۵ درصد از موارد اجباری است. در انطباق با نظارت و بازرسی‌های صورت‌گرفته سطوح مختلفی در نظر گرفته می‌شود. این سطوح عبارت‌اند از: عدم انطباق، انطباق کم، انطباق متوسط، انطباق زیاد و انطباق کامل. در مقررات تجویزی بررسی‌شده، معمولاً برای هر الزام ارائه‌شده توسط مقررات به ساختمان تحت نظارت بر اساس طیف لیکرت نمرهٔ خاصی از ۱ تا ۵ اختصاص داده می‌شود و پس از اتمام نظارت، بر اساس میانگین نمرات دریافت‌شده، انطباق نهایی ساختمان را ارزیابی می‌کنند [۶۹].

مقـررات سـاختمانی بـرای تسـهیل اجـرا و انطبـاق معمـولاً بـا طرح‌هـای تشـویقی و یـا تنبیهـی همـراه می‌شـوند. ایـن طرح‌هـا معمـولاً به‌گونـه‌ای تدویـن می‌شـوند کـه انگیـزۀ لازم را بـرای انطبـاق بـا مقـررات سـاختمان را فراهـم آورنـد [۷۰]. تقریبـاً ۶۵ درصـد از مقـررات بررسی‌شـده حـاوی این‌گونـه طرح‌هـا هسـتند. ایـن در حالـی اسـت کـه در ۳۵ درصـد از مـوارد، کشـورهایی نظیـر آلبانـی، آذربایجـان، بـلاروس، کرواسـی، قزاقسـتان، مونته‌نگـرو، جمهـوری مولـداوی، روسـیه، صربسـتان، ترکمنسـتان و اوکرایـن هیچ‌گونـه طـرح تشـویقی یـا تنبیهـی بـرای تسـهیل اجـرا و انطبـاق مقـررات در نظـر نگرفته‌انـد. در ایتالیـا، درصورتی‌کـه یـک سـاختمان حداقـل الزامـات مقـررات انـرژی را فراهـم آورد مشـمول تخفیف‌هـای مالیاتـی می‌شـود. در سـوئیس تخفیف‌هـای مالیاتـی بـه سـاختمان‌هایی تعلـق می‌گیـرد کـه بازدهـی حرارتـی پوسـته و تجهیـزات گرمایشـی آن‌هـا ارتقـا یابـد. عـلاوه بـر طرح‌هـای تشـویقی، طرح‌هـای تنبیهـی نیـز در ایـن مقـررات لحـاظ شـده اسـت. ازجملـۀ ایـن طرح‌هـا می‌تـوان بـه جریمـه بـرای عـدم انطبـاق، جلوگیـری از سـکونت در سـاختمان، عـدم صـدور پروانـۀ سـاخت و دیگـر مـوارد اشـاره کـرد [۷۱, ۷۲]. شـکل ۶ درصـد پوشـش طرح‌هـای تنبیهـی را در مقـررات بررسی‌شـده نشـان می‌دهـد.

مقـررات سـاختمانی الـزام آور، رفتـار مصرف‌کننـده و به‌تبـع آن، پتانسـیل موجـود بـرای ارتقـای بهـره‌وری انـرژی را افزایـش می‌دهـد. برنامـه و طرح‌هـای نظـارت پیشـرفته بـر مصـرف انـرژی بـرای ارزیابـی آمـاری بهـره‌وری انـرژی در سـاختمان‌ها بسـیار حیاتـی هسـتند. در طرح‌هـای نظـارت بـر مصـرف انـرژی، ناظـران بـا ارزیابـی بهـره‌وری انـرژی سـاختمان، یافتـن محل‌هـای هدررفـت انـرژی، بهبـود برنامه‌ریـزی بـرای کاهـش بارهـای حرارتـی و مصـرف انـرژی، همچنیـن مدیریـت تقاضـا، فرصت‌هـای لازم بـرای ارتقـای بهـره‌وری انـرژی در سـاختمان را شناسـایی و ارائـه می‌کننـد [۷۳].

کیفیـت طرح‌هـای نظارتـی را معمـولاً بـر اسـاس دو شـاخص می‌سـنجند: الـزام بـرای نظـارت و سـخت‌گیری در نظـارت. جـدول ۴ نتایـج ارزیابـی مقـررات سـاختمانی کشـورهای بررسی‌شـده را از لحـاظ شـرایط لازم بـرای نظـارت و انطبـاق نشـان می‌دهـد. نتایـج نشـان می‌دهـد کشـورهای حوزه‌هـای EU، EUE و NA بسـته‌های سیاسـتی ویـژه‌ای بـرای نظـارت بـر انطبـاق مقـررات سـاختمانی در نظـر گرفته‌انـد. ایـن سیاسـت‌ها شـامل مکانیسـم‌های تشـویقی ماننـد وام سـبز، برنامه‌هـای مالـی تشـویقی و مشـوق‌های عمومـی ماننـد اعتبـارات مالیاتـی می‌شـوند. بـه خـلاف ایـن کشـورها، طرح‌هـای تشـویقی و تنبیهـی بـرای نظـارت بـر انطبـاق در مقـررات سـاختمانی کشـورهای واقع‌شـده در حوزه‌هـای EECCA و SEE کمتـر دیـده شـده اسـت. بـرای مثـال، در کشـور اوکرایـن هیچ‌گونـه طرحـی کـه صاحب‌ملـک را ملـزم بـه انجـام ممیـزی انـرژی و دریافـت گواهی‌نامـۀ انـرژی کنـد، وجـود نـدارد. تنهـا طـرح تشـویقی در ایـن کشـور صنـدوق بهـره‌وری انـرژی اسـت. ایـن صنـدوق توسـط دولـت حمایـت مالـی می‌شـود و رسـالت آن جبـران بخشـی از هزینه‌هـای نوسـازی و اجـرای اقدامـات مربـوط بـه بهـره‌وری انـرژی اسـت [۷۴, ۷۵].



شکل ۶. درصد پوشش طرح‌های تنبیهی در مقررات بررسی‌شده [۷, ۱۰-۳۶]

جدول ۴. ارزیابی مقررات ساختمانی کشورهای بررسی‌شده از نظر شرایط لازم برای نظارت و انطباق

کشور	طرح‌های تشویقی برای انطباق	جلوگیری از سکونت در ساختمان و عدم صدور پروانهٔ ساخت در صورت عدم انطباق	طرح‌های تنبیهی در صورت عدم انطباق	الزام برای نظارت بر عملکرد	سخت‌گیری در انجام نظارت
حوزهٔ EU					
انگلستان [۱۰]	+	+	+	+	–
اسپانیا [۱۱]	–	+	–	+	–
سوئیس [۱۲]	+	+	+	–	–
پرتغال [۱۳]	+	+	+	+	–
ایتالیا [۱۴]	+	+	+	–	–
فرانسه [۱۵]	+	+	+	+	–
آلمان [۱۶]	+	+	+	–	–
حوزهٔ EUE					
اسلواکی [۱۷]	+	+	+	+	اجباری
کرواسی [۱۸]	–	–	+	+	–
جمهوری چک [۱۹]	+	+	+	+	اجباری
بلغارستان [۲۰]	+	+	+	+	اجباری
حوزهٔ EECCA					
گرجستان [۲۱]	+	–	–	–	–
جمهوری مولداوی [۲۲]	–	–	–	+	–
آذربایجان [۲۳]	–	–	–	+	–

اوکراین [۲۴]	–	–	–	–	–
روسیه [۲۵]	–	+	–	+	اجباری
ارمنستان [۲۶]	+	–	+	–	–
قزاقستان [۲۷]	–	–	–	–	–
ازبکستان [۲۸]	+	–	+	+	اجباری
ترکمنستان [۲۹]	–	+	–	–	–
بلاروس [۳۰]	–	–	–	–	–
حوزهٔ NA					
کانادا [۳۱]	+	+	+	–	اجباری
ایالات‌متحدهٔ آمریکا [۳۲]	+	+	+	+	–
حوزهٔ SEE					
آلبانی [۷]	–	–	+	+	–
مقدونیه [۳۳]	+	+	+	+	+
صربستان [۳۴]	–	+	–	+	اجباری
مونته‌نگرو [۳۵]	+	+	+	+	اجباری
بوسنی و هرزگوین [۳۶]	–	+	–	–	–

از لحاظ شرایط لازم برای اجرا و انطباق، مقررات ساختمانی کشور آلبانی بهترین عملکرد را به خود اختصاص می‌دهد. این کشور بر اساس برنامهٔ ملی بهینه‌سازی در نظر داشت که تا سال ۲۰۱۸ به میزان ۲۲ درصد از مصرف انرژی بخش ساختمان بکاهد و برای این منظور، قوانین شمارهٔ ۸۹۳۷ و ۱۰۱۱۳ را تصویب کرد. قانون شمارهٔ ۸۹۳۷ بندهای لازم برای تعیین حداقل بهره‌وری انرژی در ساختمان را ارائه می‌کند. همچنین، بر اساس قانون شمارهٔ ۱۰۱۱۳، اجرای این بندها در هرگونه ساخت‌وسازی اجباری شده است. این کشور همچنین در سال‌های اخیر تلاش کرده است تا برنامهٔ جامع بهینه‌سازی مصرف انرژی را اصلاح کند و اجرای بندهای جدیدی را در قانون شمارهٔ ۸۹۳۷، مطابق با قانون شمارهٔ ۱۰۱۱۳ الزام‌آور کند. مقررات ساختمانی کشور کانادا نیز از نظر نظارت و انطباق دارای عملکرد مناسبی است [۷۶]. مقررات ساختمانی در این کشور شامل هر سه نمونه طرح‌های تشویقی، جلوگیری از سکونت در ساختمان و عدم صدور پروانهٔ ساخت در صورت عدم انطباق و طرح‌های تنبیهی می‌شود. بازرسی در محل توسط بازرسان در تمام مراحل ساخت‌وساز یک ساختمان در این کشور صورت می‌پذیرد. ساختمان‌ها در این کشور پس از اتمام ساخت‌وساز توسط بازرسان انرژی ممیزی انرژی می‌شوند. درنهایت، بر اساس ممیزی صورت‌گرفته و در صورت انطباق با مقررات ساختمانی، مراجع ذی‌ربط برای سیستم‌های انرژی ساختمان نظیر دیگ‌های بخار، سیستم‌های سرمایشی- گرمایشی و تهویهٔ مطبوع گواهی‌نامهٔ انرژی و برای کل

ساختمان برچسب انرژی صادر می‌کنند [۷۷].

بهترین عملکرد را ازلحاظ اعمال جرائم در صورت عدم انطباق مقررات ساختمانی کشور بلژیک به خود اختصاص می‌دهد. بر اساس این مقررات، جرائم به اشخاصی اختصاص داده می‌شود که در اجرای مقررات کوتاهی کرده باشند. این اشخاص می‌توانند صاحب ملک، سازندهٔ ملک و یا نصاب تجهیزات ساختمان باشد. این جرائم عموماً بر اساس عدم انطباق در استانداردهای مربوط به ضریب انتقال حرارت کلی سطوح ساختمان تعیین می‌شوند. برای مثال، مهندسان ناظر بر اساس این مقررات ساختمانی برای یک ساختمان تک‌خانواری که استانداردهای مربوط به ضریب انتقال حرارت کلی در و پنجره‌ها را رعایت نکرده باشد، جریمهٔ ۲۵۰۰ یورویی در نظر می‌گیرند [۷۸].

کشورهای دانمارک و پرتغال برای حصول اطمینان از بهره‌وری انرژی ساختمان و انطباق با استانداردهای تدوین‌شده رویکرد دیگری را در پیش گرفته‌اند. در این کشورها پیش از هرگونه ساخت‌وسازی، معمار و یا مهندس ساخت‌وساز باید نسبت به دریافت اظهارنامهٔ بهره‌وری انرژی ساختمان خود اقدام کنند. پس از اتمام ساخت، ساختمان توسط مهندسان ناظر از لحاظ بهره‌وری انرژی ارزیابی شده و عملکرد ساختمان بر اساس اظهارنامه پیش از ساخت بررسی می‌شود. درصورتی‌که عملکرد ساختمان با اظهارنامهٔ مربوطه انطباق نداشته باشد و ساختمان در پاره‌ای از موارد استانداردهای یادشده را رعایت نکرده باشد، مراجع مربوطه از سکونت در ساختمان تا رفع موارد تعیین‌شده جلوگیری به عمل می‌آورند [۷۹-۸۱].

کشور فرانسه بهترین عملکرد را از لحاظ سیاست‌های تشویقی به خود اختصاص می‌دهد. این مقررات ساختمانی برای انطباق‌های فراتر از استانداردهای تدوین‌شده پاداش در نظر می‌گیرد. بر اساس این مقررات، صاحبان ملک پس از اتمام ساخت برچسب و گواهی‌نامهٔ انرژی توسط مراجع ذی‌ربط دریافت می‌کنند و بر اساس ارزیابی‌های صورت‌گرفته در صورت انطباق فراتر از استانداردهای تدوین‌شده، از پاداش‌هایی نظیر کمک‌های بلاعوض، یارانه، وام‌های بلندمدت کم‌سود و تخفیف‌های مالیاتی بهره می‌برند. برجسته‌ترین پاداش درنظرگرفته‌شده در طرح در این میان تخفیف‌های مالیاتی عنوان شده است. پس از کشور فرانسه، ایالات‌متحدهٔ آمریکا نیز از این طرح اقتباس کرد و بیشتر ایالت‌های این کشور برای صاحبان ساختمان‌های دارای انطباق فراتر از استانداردهای ساختمانی تخفیف‌های مالیاتی در نظر می‌گیرند [۸۲-۸۴].

۹ـ عناصر لازم در تدوین استانداردها

همان‌طور که پیش‌تر نیز گفته شد، در مقررات ساختمان تجویزی استانداردهای وابسته به بازدهی انرژی هر بخش از ساختمان، تعریف می‌شود. استانداردهای مقررات تجویزی عموماً شامل الزاماتی در رابطه با ضریب انتقال حرارت کلی از پنجره‌ها، دیوارها، کف و بام ساختمان، مقادیر مجاز بازدهی سیستم‌های مکانیکی و الکتریکی، الزامات وابسته به جهت‌گیری ساختمان و استفاده از نور خورشید، تعداد و اندازهٔ پنجره‌های ساختمان است [۸۵]. هر بخش از ساختمان باید با الزامات

ارائه‌شده توسط استاندارد تجویزی انطباق داشته باشد. استانداردهای تجویزی را در مقررات تجویزی دو سطح ساده و پیچیده دسته‌بندی می‌کنند. استانداردهای تجویزی ساده فقط مقادیر مجاز بازدهی حرارتی را برای ۵ تا ۱۰ بخش اصلی ساختمان تعیین می‌کنند. در حالی که استانداردهای تجویزی پیچیده الزامات بهره‌وری انرژی را برای تمام بخش‌های ساختمان و تأسیسات، نظیر سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی، پمپ‌ها، فن‌ها و سیستم روشنایی نیز ارائه می‌کنند. ارزیابی استانداردهای بررسی‌شده نشان می‌دهد که تقریباً ۹۴ درصد از آن‌ها حاوی الزاماتی در رابطه با ضریب انتقال حرارت از بخش‌های اصلی ساختمان، ۸۸ درصد شامل الزاماتی در رابطه با دیگ‌های بخار و سیستم‌های تهویهٔ مطبوع و ۸۲ درصد شامل الزاماتی در رابطه کیفیت و میزان تهویهٔ هوا هستند. شکل ۷ درصد پوشش الزامات مختلف در استانداردهای تجویزی بررسی‌شده را نشان می‌دهد. بازرسی و معاینهٔ دوره‌ای تجهیزات یکی دیگر از الزاماتی است که توسط مقررات تجویزی برای حصول اطمینان از بازدهی مطلوب ساختمان در مرحلهٔ کارکرد ارائه می‌شود. ۴۴ درصد از مقررات بررسی‌شده حاوی استانداردهای غیرالزامی برای بازرسی دوره‌ای سیستم‌های گرمایش و تهویهٔ مطبوع هستند؛ اما در ۲۸ درصد موارد، بازرسی دوره‌ای تجهیزات غیر الزامی است [۶۹, ۸۶].

شکل ۷. درصد پوشش الزامات مختلف در استانداردهای بررسی‌شده [۷, ۱۰-۳۶]

ارزیابی مقررات کشورهای منتخب نشان می‌دهد عمدهٔ این مقررات شامل الزاماتی در رابطه با انتقال حرارت از پوستهٔ ساختمان هستند. این الزامات می‌توانند در سطح وسیعی طراحی مربوط به سقف، دیوار، کف و بازشوهای ساختمان را تحت تأثیر قرار دهند. الزامات وابسته به مصرف تجهیزات انرژی بر نیز در بیشتر مقررات بررسی‌شده لحاظ شده است. اما در رابطه با انرژی‌های

تجدیدپذیـر، مقـررات بررسی‌شـده تفاوت‌هـای زیـادی دارنـد. مقـررات سـاختمانی کشـورهای واقع‌شـده در حوزه‌هـای EU و EUE شـامل الزامـات بیشـتری در ایـن زمینـه بـه نسـبت سـه حـوزۀ دیگـر هسـتند [۸۷, ۸۸]. جـدول ۵ نمونه‌هایـی از اسـتانداردهای وابسـته بـه انرژی‌هـای تجدیدپذیـر را در کشـورهای مختلـف بررسـی می‌کنـد.

جدول ۵. الزامات وابسته به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در برخی کشورهای بررسی‌شده [۸۹]

کشور	انرژی تجدیدپذیر در مقررات ساختمانی
نروژ	ساختمان‌های با زیربنای بیشتر از ۵۰۰ مترمربع باید حداقل ۶۰ درصد از انرژی مورد نیاز برای گرمایش و آب گرم را از منابعی به غیر از سوخت‌های فسیلی یا برق شبکه تأمین کنند. در رابطه با ساختمان‌های با مساحت کمتر از ۵۰۰ مترمربع، ۴۰ درصد لحاظ می‌شود.
اسپانیا	استفاده از سیستم‌های حرارت خورشیدی و دیگر نمونه‌های سیستم‌های تجدیدپذیر برای تأمین آب گرم.
دانمارک	در مواردی که میزان تقاضای روزانۀ آب گرم بیشتر از ۲ هزار لیتر باشد باید از سیستم‌های حرارت خورشیدی برای تأمین آب گرم استفاده کرد، مشروط بر اینکه بتوان ۹۵ درصد از نیاز را از این طریق تأمین کرد.
سوئد	مصرف ویژه (مصرف بر واحد سطح) انرژی ساختمان باید با نصب دستگاه‌های خورشیدی کاهش یابد.
یونان	۶۰ درصد از نیاز به آب گرم باید توسط آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی تأمین شود.

بسـیاری از کشـورها حداقـل الزاماتـی بـرای عملکـرد دیگ‌هـای بخـار و سیسـتم‌های تهویـۀ مطبـوع را در مقـررات سـاختمانی خـود لحـاظ کرده‌انـد. بـرای مثـال، مقـررات کشـور آلمـان حداقـل بازدهـی قابـل قبـول بـرای انـواع مختلـف دیگ‌هـای بخـار را ارائـه و اسـتفاده از دیگ‌هـای کم‌بـازده را منـع کـرده اسـت [۹۰]. برخـی از کشـورها نیـز حداقـل الزامـات لازم بـرای اسـتفاده از روشـنایی روز را در مقـررات سـاختمانی خـود لحـاظ کرده‌انـد. بـر اسـاس ایـن مقـررات، از روشـنایی روز بایـد به‌گونـه‌ای متناسـب بـا ضریـب جـذب حـرارت خورشـید اسـتفاده شـود کـه منجـر بـه گرمایـش بیش‌ازحـد فضـای داخـل سـاختمان در فصـول گـرم سـال نشـود [۹۱].

برخـی از مقـررات سـاختمانی نیـز حداقـل الزامـات لازم بـرای تهویـۀ هـوای داخـل سـاختمان را ارائـه داده‌انـد. میـزان تعویـض هـوا در ایـن مقـررات عموماً بـر اسـاس میـزان فعالیـت یـا متابولیسـم سـاکنان فضـای داخـل سـاختمان تعییـن می‌شـود. بـا توجـه بـه اسـتفادۀ روزافـزون از سیسـتم‌های تهویـۀ مکانیکـی در سـاختمان‌ها، الزامـات وابسـته بـه انـرژی مصرفـی فن‌هـای تهویـه از اهمیـت بیشـتری در مقـررات سـاختمانی برخـوردار شـده اسـت [۴۸, ۹۲]. بـرای ایـن منظـور، برخـی از کشـورها از جملـه اتریـش، بوسـنی هرزگویـن، جمهـوری چـک، دانمـارک، اسـتونی، فرانسـه، لهسـتان، اسـپانیا و ترکمنسـتان اسـتانداردهایی کمـی در رابطـه بـا تـوان مصرفـی فن‌هـای تهویـه در سـال‌های اخیـر بـه اسـتانداردهای خـود اضافـه کرده‌انـد. برخـی از کشـورها نیـز ماننـد مجارسـتان و لیتوانـی اسـتانداردهای کیفـی در ایـن زمینـه تعریـف کرده‌انـد. تهویـۀ بیش‌ازحـد منجـر بـه هدررفـت انـرژی و تخریـب آسـایش حرارتـی در محیـط داخـل سـاختمان می‌شـود؛ بـه همیـن سـبب، بسـیاری از کشـورها در مقـررات سـاختمانی خـود الزاماتـی در رابطـه بـا ضریـب نفوذپذیـری و نشـتی هـوا بـرای بهبـود کیفیـت تهویـه در سـاختمان لحـاظ کرده‌انـد.

برای مثال، می‌توان به کشورهای اسلواکی و ترکمنستان اشاره کرد؛ استانداردهای وضع‌شده در این زمینه اختیاری هستند [۹۳]. جدول ۶ الزامات فنی مقررات ساختمان کشورهای مختلف را باهم مقایسه می‌کند. بر اساس ارزیابی‌های صورت‌گرفته، بیشتر کشورهای منتخب الزاماتی در زمینهٔ گرمایش، سرمایش، روشنایی و تهویه دارند و فقط تعداد معدودی از کشورها نیازمند توسعهٔ این الزامات هستند.

مقررات ساختمانی کشور اسپانیا از نظر الزامات فنی به نسبت سایر مقررات بررسی‌شده برتری دارد. مقررات این کشور شامل هر دو نوع استانداردهای تجویزی و استانداردهای مبتنی بر عملکرد است. این مقررات ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی را پوشش می‌دهد. استانداردهای ارائه‌شده، بسته به نوع و کاربری ساختمان، با رویکرد استانداردهای مبتنی بر عملکرد از مراجع خاصی برای محاسبهٔ بازدهی انرژی ساختمان استفاده می‌کند. رویکرد تجویزی این مقررات نیز موجب شده است که بتوان از آن برای طراحی ساختمان در مکان‌های خاص و منطبق بر شرایط آب‌وهوایی مکان استفاده کرد. مقررات انرژی این کشور الزاماتی در زمینهٔ طراحی، جهت‌گیری و موقعیت ساختمان، همچنین الزامات فنی در رابطه با انتقال حرارت از پوستهٔ ساختمان، بازدهی انرژی سیستم‌های تهویه مطبوع، سیستم تأمین آب گرم، روشنایی و سیستم‌های تأمین انرژی اضطراری ارائه می‌دهد [۹۴, ۹۵].

جدول ۶. مقایسهٔ الزامات فنی مقررات ساختمانی کشورهای منتخب

کشور	عایق حرارتی	گرمایش و تأمین آب گرم	سیستم تهویه مطبوع	تهویه طبیعی و مکانیکی	استفاده از نور خورشید	بازدهی سیستم روشنایی	طراحی، موقعیت و جهت‌گیری	نشتی هوا	پل‌های حرارتی	انرژی تجدید پذیر	شرایط آب محیط داخل ساختمان	سیستم‌های خورشیدی منفعل و سایه‌اندازی
حوزهٔ EU												
انگلستان [۱۰]	+	+	+	+	–	+	+	+	+	–	+	+
اسپانیا [۱۱]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
سوئیس [۱۲]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
پرتغال [۱۳]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ایتالیا [۱۴]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
فرانسه [۱۵]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
آلمان [۱۶]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
حوزهٔ EUE												
اسلواکی [۱۷]	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+	+

کرواسی [۱۸]	+	−	+	+	+	−	+	+	+	−	+
جمهوری چک [۱۹]	+	+	+	+	+	+	+	+	−	+	+
بلغارستان [۲۰]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
حوزهٔ EECCA											
گرجستان [۲۱]	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
جمهوری مولداوی [۲۲]	+	+	+	−	+	+	+	+	+	+	+
آذربایجان [۲۳]	+	+	+	−	+	+	+	+	+	+	+
اوکراین [۲۴]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
روسیه [۲۵]	+	+	+	+	+	+	+	+	−	+	−
ارمنستان [۲۶]	+	+	+	+	+	+	+	−	+	+	+
قزاقستان [۲۷]	+	+	−	−	+	+	+	−	+	+	−
ازبکستان [۲۸]	+	+	+	+	+	−	+	+	+	+	+
ترکمنستان [۲۹]	+	+	+	−	−	+	−	+	−	+	−
بلاروس [۳۰]	+	+	+	+	+	+	+	−	+	+	+
حوزهٔ NA											
کانادا [۳۱]	+	+	+	+	+	+	+	−	+	+	+
ایالات‌متحدهٔ آمریکا [۳۲]	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−
حوزهٔ SEE											
آلبانی [۷]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
مقدونیه [۳۳]	+	+	+	+	+	−	+	+	+	+	+
صربستان [۳۴]	+	+	−	+	−	−	+	+	−	+	−
مونته‌نگرو [۳۵]	+	+	+	−	+	+	+	+	+	+	+
بوسنی و هرزگوین [۳۶]	+	−	+	+	+	+	+	−	+	+	−

یکی دیگر از مسائل حائز اهمیت معرفی فناوری‌ها و تجهیزات پربازده به انضمام مقررات ساختمانی است. به همراه مقررات ساختمانی بر اساس شرایط اقلیمی هر منطقه، راهنماهایی ارائه می‌شود که تجهیزات ویژه‌ای برای کاربرد در ساختمان پیشنهاد دهند [۹۶]. بیشتر تجهیزات

معرفی‌شـده بـرای ارتقـای بهـره‌وری انـرژی در مقـررات بررسی‌شـده شـامل دیگ‌هـای چگالشـی، دیگ‌هـای زیسـت‌توده، اجـاق گندلـه‌ای، پمـپ حرارتـی، سیسـتم‌های حـرارت خورشـیدی، سیسـتم‌های فتوولتائیـک اسـت [۹۷]. شـکل ۸ درصـد پوشـش ایـن تجهیـزات را در مقـررات بررسی‌شـده نشـان می‌دهـد. بـر اسـاس نتایـج به‌دسـت‌آمده، ایـن تجهیـزات در بیشـتر مقـررات بررسی‌شـده پیشـنهاد داده شـده‌اند.

شکل ۸. درصد پوشش تجهیزات بهره‌وری انرژی در راهنماهای مقررات بررسی‌شده [۷, ۱۰-۳۶]

۱۰ـ پوستهٔ خارجی ساختمان و نقش بازار

ارزیابـی معیارهـا و اسـتانداردهای وابسـتهٔ پوسـتهٔ سـاختمان در مقـررات سـاختمانی کاری دشـوار اسـت. ایـن معیارهـا بـه دلیـل وجـود مصالـح سـاختمانی مختلـف، شـرایط آب‌وهوایی ویـژه هـر منطقـه، رویکردهای مختلـف بـرای طراحـی و سـاخت در نقـاط مختلـف جهـان و تجهیـزات مختلـف قابـل کاربـرد در سـاختمان، در مقـررات سـاختمانی بررسی‌شـده بـا هـم تفـاوت زیـادی دارنـد. بنابرایـن، معیارهـا و سیاسـت‌های وابسـته بـه پوسـتهٔ سـاختمان بایـد در سـطح شـهر، منطقـه و یـا کشـور تدویـن شـود تـا بتـوان از اثربخشـی آن‌هـا در رابطـه بـا سـایر عوامـل تأثیرگـذار اطمینـان حاصـل کـرد. مهم‌تریـن عامـل بـرای دسـتیابی بـه پوسـته‌های سـاختمانی پربـازده در هـر منطقـه اسـتفاده از مصالـح سـاختمانی بـا کیفیـت بـالای حرارتـی اسـت [۹۸]. بـازار مصالـح سـاختمانی نیـز می‌توانـد نقـش مهمـی در توسـعهٔ پوسـته‌های سـاختمانی پربـازده ایفـا کنـد. درواقـع، مراجـع ذی‌ربـط در رابطـه ارتبـاط بیـن مقـررات سـاختمان و بـازار مصالـح سـاختمانی بایـد به‌گونـه‌ای برنامه‌ریـزی کننـد کـه بـازار مربوطـه از مصالـح دارای اولویـت اسـتفاده در ساخت‌وسـاز اشـباع شـود. ایـن بـازار بایـد جواب‌گـوی تقاضـای ایجادشـده توسـط مقـررات سـاختمان بـرای مصالـح پربـازده و بـا کیفیـت باشـد [۹۹, ۱۰۰].

جـدول ۷ بـازار مصالـح سـاختمانی در حوزه‌هـای بررسی‌شـده را بـرای طراحـی و سـاخت پوسـته‌های

پربازده بر اساس شاخص «بازار اشباع» ارزیابی می‌کند. در این ارزیابی شاخص «بازار اشباع» بر اساس ۳ مشخصه معرفی می‌شود: بازار بالغ، بازار تأسیس‌شده، بازار نوپا. منظور از بازار بالغ بازاری است که بیش از ۵۰ درصد از مصالح پربازده پیشنهادشده توسط مقررات ساختمانی را عرضه می‌کند. بازار تأسیس‌شده بین ۵ تا ۵۰ درصد از مصالح پیشنهادی را عرضه می‌کند و بازار نوپا عرضه‌کنندهٔ کمتر از ۵ درصد از مصالح پیشنهادی است. ارزیابی بازار مصالح ساختمانی در حوزه‌های بررسی‌شده نشان می‌دهد بازارهای حوزه‌های EUE ،EU و SEE عرضه‌کنندهٔ سطح بیشتری از مصالح ساختمانی پربازده معرفی‌شده برای طراحی و ساخت پوسته‌های پربازده هستند. نتایج نشان می‌دهد بیشتر این بازارها از لحاظ عرضهٔ عایق‌های حرارتی و شیشه‌های کم‌گسیل به‌عنوان بازارهای بالغ یا تأسیس‌شده تلقی می‌شوند. اما از طرف دیگر برخی از این بازارها، به‌ویژه بازار مصالح در حوزهٔ EECCA از لحاظ عرضهٔ مصالح پیشرفته همچنان به‌عنوان بازار نوپا شناخته می‌شوند. برای مثال، می‌توان به مواد لازم برای هوابندی ساختمان اشاره کرد. عمدهٔ مقررات ساختمانی بررسی‌شده دارای الزامات فنی در زمینهٔ هوابندی هستند، اما بازار لازم برای این مواد در کشورهای حوزهٔ EECCA وجود ندارد. این در حالی است که بر اساس مقررات ساختمان بیشتر کشورهای این حوزه به‌جز ترکمنستان، انجام آزمون‌های ارزیابی هوابندی ساختمان اجباری یا اختیاری است [۱۰۱].

جدول ۷. ارزیابی بازار مصالح ساختمانی در حوزه‌های بررسی‌شده برای طراحی و ساخت پوسته‌های پربازده [۱۰۲].

حوزه/بازار	شیشه‌های کم‌گسیل دوجداره	شیشه‌های مات‌شونده	کرکره، پرده و بادگیر	پنجره‌های سه‌جداره	عایق‌کاری دیوارها	عایق‌کاری نما	هوابندی ساختمان
حوزهٔ EU	بازار بالغ	بازار تأسیس‌شده	بازار بالغ	بازار تأسیس‌شده	بازار بالغ	بازار بالغ	بازار بالغ
حوزهٔ EUE	بازار بالغ	بازار تأسیس‌شده	بازار بالغ	بازار تأسیس‌شده	بازار بالغ	بازار بالغ	بازار تأسیس‌شده
حوزهٔ EECCA	بازار تأسیس‌شده	بازار نوپا	بازار نوپا	بازار نوپا	بازار بالغ	بازار نوپا	بازار نوپا
حوزهٔ NA	بازار بالغ	بازار تأسیس‌شده	بازار تأسیس‌شده	بازار نوپا	بازار بالغ	بازار بالغ	بازار تأسیس‌شده
حوزهٔ SEE	بازار بالغ	بازار تأسیس‌شده	بازار تأسیس‌شده	بازار نوپا	بازار بالغ	بازار تأسیس‌شده	بازار تأسیس‌شده

جدول ۸ سرانهٔ مصرف برخی از عایق‌های ساختمانی شناخته‌شده برای ارتقای بازدهی پوسته‌های ساختمان را در کشورهای مطالعه‌شده در سال ۲۰۱۷ نشان می‌دهد. کشور اسلواکی با ۶ کیلوگرم و کشور دانمارک با ۴/۴ کیلوگرم پلی استایرن منبسط به ازای هر یک هزار نفر بیشترین مصرف سالانه را به خود اختصاص داده‌اند. کشور بلژیک با مصرف سالانهٔ ۶۷/۲ کیلوگرم به ازای هر یک

هـزار نفـر بیشـترین مصـرف پلـی یورتـان را بـه خـود اختصـاص داده اسـت. کشـورهای ایتالیـا و دانمـارک بـا سـرانۀ مصـرف ۰/۹۶ و ۰/۸ کیلوگـرم بـه ازای هـر یـک هـزار نفـر دارای بیشـترین مصـرف پشـم چـوب هسـتند. یونیت‌هـای عایـق شیشـه‌ای چندجـداره[1] (IGU) در کشـورهایی نظیـر اسـلواکی، لهسـتان و بلژیـک بیشـترین اسـتفاده را دارنـد. اسـتفاده از تجهیـزات سـایه‌اندازی در کشـورهایی نظیـر دانمـارک، اسـپانیا و ایتالیـا بیشـتر برجسـته اسـت. اسـتفاده از تجهیـزات سـایه‌انداز بـرای جلوگیـری از ورود بیـش از حـد نـور خورشـید در مقـررات سـاختمانی ایـن کشـورها اجبـاری اسـت. کشـورهای یادشـده به‌ترتیـب بـا سـرانۀ مصـرف ۱/۰۵، ۰/۸ و ۰/۷۲ مترمربـع بیشـترین مصـرف تجهیـزات و مـواد سـایه‌اندازی در سـاختمان را در سـال ۲۰۱۷ بـه خـود اختصـاص داده‌انـد [۱۰۳].

جدول ۸. مصرف سالانۀ مواد استفاده‌شده در پوستۀ ساختمان در برخی از کشورهای بررسی‌شده در سال ۲۰۱۷ [۱۰۳]

کشور/ (سرانه مصرف)	پلی استایرن منبسط (کیلوگرم به ازای هر ۱۰۰۰ نفر)	پلی یورتان (کیلوگرم به ازای هر ۱۰۰۰ نفر)	پشم چوب (کیلوگرم به ازای هر ۱۰۰۰ نفر)	درصد ساختمان‌های جدید مجهز به IGU (درصد در هر ۱۰۰ ساختمان)	تجهیزات سایه‌انداز (مترمربع به ازای هر نفر)
بریتانیا	–	۲/۲	۰/۰۷	۰/۴۸	–
فرانسه	۱/۴	–	۰/۰۹	۰/۴۸	–
ایتالیا	۲/۶	۴/۸	۰/۹۶	۰/۳۴	۰/۷۲
سوئد	۳/۵	۱/۲	۰/۰۴	۰/۲۹	–
اسپانیا	۰/۷۶	۱/۵	۰/۱۴	–	۰/۸
اسلواکی	۰/۶	۲	–	۰/۸۶	–
بلژیک	–	۶۷/۲	–	۰/۷۶	۰/۰۵
پرتغال	۰/۸۶	۱/۳	۰/۰۲	۰/۳۶	۰/۶۶
جمهوری چک	–	۳/۳	–	–	–
لهستان	–	–	۰/۱۱	۰/۸۳	۰/۳۷
نروژ	–	–	–	–	–
هلند	–	۳/۴	۰/۲۶	–	–
لوکزامبورگ	۰/۸۷	۲/۱	۰/۱	–	۰/۴۴
آلمان	–	–	–	۰/۳۶	–
دانمارک	۴/۴	–	۰/۸	۰/۵	۱/۰۵
اتریش	–	۳/۴	–	–	–

۱۱ـ تجهیزات و فناوری‌های پربازده و نقش بازار

نـوع تجهیـزات و فناوری‌هـای پربـازده بـرای سـرمایش و گرمایـش در مقـررات سـاختمان متأثـر از عوامـل مختلفـی اسـت. مهم‌تریـن عوامـل سـطح آگاهـی مصرف‌کننـدگان، مهندسـان سـاخت و سیاسـت‌گذاران از مزایـای ایـن فناوری‌هـا، وجـود مکانیسـم‌های تأمیـن مالـی بـرای کاهـش هزینه‌هـای اولیـه، همچنیـن

1. Insulated Glazing Units (IGU)

وجـود بازرسـی‌های دوره‌ای و برنامه‌هـای صـدور گواهینامـه و برچسـب انـرژی سـاختمان هسـتند [۱۰۴]. بـا توجـه بـه وجـود موانـع مسـتدل غیـر بـازاری در زمینـهٔ فناوری‌هـای کم‌مصـرف و کم‌کربـن، سیاسـت‌های دولـت بـرای اشـاعه، ترویـج و توسـعهٔ ایـن فناوری‌هـا بایـد در مشـارکت تنگاتنـگ بـا مصرف‌کننـدگان، معمـاران، مهندسـان سـاخت، تولیدکننـدگان ایـن تجهیـزات، انجمن‌هـای صنایـع و مقامـات اسـتانی صـورت پذیـرد تـا سـطح بیشـتری از پتانسـیل صرفه‌جویـی در مصـرف انـرژی و کاهـش انتشـار توسـط مقـررات سـاختمان ایجـاد شـود [۴۸, ۱۰۵].

شـرایط آب‌وهوایـی در اسـتفاده از فناوری‌هـای بهـره‌ور در سـاختمان اهمیـت زیـادی دارد. اسـتفاده از ایـن فناوری‌هـا در سـاختمان بسـته بـه شـرایط آب‌وهوایـی بـه ملاحظـات فنـی و اقتصـادی ویـژه‌ای نیـاز دارد. ایـن ملاحظـات نه‌تنهـا بـا توجـه بـا شـرایط کلـی آب‌وهوایـی یـک کشـور، بلکـه بـر اسـاس اقلیم‌هـای مختلـف موجـود در کشـور لحـاظ می‌شـوند. تولیدکننـدگان ایـن تجهیـزات همـواره تمایـل دارنـد کـه بـه تولیـد محصولـی بپردازنـد کـه بیشـترین بـازار ممکـن را داشـته باشـد؛ از ایـن منظـر، شـرایط آب‌وهوایـی از اهمیـت زیـادی در تولیـد محصـولات آن‌هـا برخـوردار اسـت. سیاسـت‌گذاران نیـز در ایـن زمینـه دیـدگاه مشـابهی را اتخـاذ می‌کننـد. بـرای مثـال، بـرای کاهـش بـار گرمایـی سـاختمان‌های مسـکونی، تولیدکننـدگان و سیاسـت‌گذاران به‌گونـه‌ای برنامه‌ریـزی می‌کننـد کـه تجهیزاتـی نظیـر پوسـته‌های سـاختمانی پیشـرفته و وسـایل گرمایشـی پربـازده در مناطـق پرجمعیـت و بـا شـرایط آب‌وهوایـی سـرد بـه بـازار عرضـه شـود. بـا اتخـاذ ایـن نـوع سیاسـت، محصـولات یادشـده در مناطـق بـا شـرایط آب‌وهوایـی معتـدل یـا گـرم و خشـک از عرضـهٔ کمتـری برخـوردار می‌شـوند؛ زیـرا بـا صـرف هزینه‌هـای یکسـان، اسـتفاده از ایـن محصـولات در ایـن شـرایط آب‌وهوایـی از پتانسـیل صرفه‌جویـی انـرژی و کاهـش انتشـار کمتـری برخـوردار می‌شـود [۱۰۶-۱۰۸].

جـدول ۹ فناوری‌هـای نوآورانـهٔ سـرمایش، گرمایـش و تجهیـزات افزایـش بهـره‌وری انـرژی را در مقـررات انـرژی کشـورهای بررسی‌شـده ارائـه می‌کنـد. ارزیابی‌هـا نشـان می‌دهـد کشـورهای حوزه‌هـای EU، EUE و NA در اسـتفاده از ایـن تجهیـزات عملکـرد بهتـری بـه نسـبت سـایر حوزه‌هـا دارنـد. کشـورهای حـوزهٔ EECCA از ایـن منظـر بدتریـن عملکـرد دارنـد.

جدول ۹. بازارهای موجود برای فناوری‌های سرمایش، گرمایش و تجهیزات افزایش بهره‌وری انرژی نوآورانه در حوزه‌های بررسی‌شده

کشور	دیگ‌های بخار چگالشی	دیگ‌های بخار با سوخت زیست‌توده	اجاق گنده‌ای	پمپ حرارتی	سیستم‌های حرارت خورشیدی	سیستم‌های فتوولتائیک	دیگر موارد
حوزهٔ EU							
انگلستان [۱۰]	+	+	+	+	+	+	
اسپانیا [۱۱]	+	+	+	+	+	+	
سوئیس [۱۲]	+	+	+	+	+	+	
پرتغال [۱۳]	+	+	+	+	+	+	سیستم‌های تولید هم‌زمان، تولید سه‌گانه و سیستم‌های گرمایش و سرمایش محلی
ایتالیا [۱۴]	+	+	+	+	+	+	
فرانسه [۱۵]	+	+	+	+	+	+	
آلمان [۱۶]	+	+	+	+	+	+	
حوزهٔ EUE							
اسلواکی [۱۷]	+	+	+	+	+	+	سیستم‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت
کرواسی [۱۸]	+	+	+	+	+	+	
جمهوری چک [۱۹]	+	+	+	+	+	+	سیستم‌های تهویه با بازیابی گرما
بلغارستان [۲۰]	+	+	+	+	+	+	
حوزهٔ EECCA							
گرجستان [۲۱]	+	–	–	+	–	–	
جمهوری مولداوی [۲۲]	–	+	+	+	+	+	
آذربایجان [۲۳]	+	+	+	+	+	+	
اوکراین [۲۴]	+	+	+	+	+	–	
روسیه [۲۵]	–	+	+	+	+	+	
ارمنستان [۲۶]	+	+	–	+	+	+	
قزاقستان [۲۷]	–	+	+	+	+	–	
ازبکستان [۲۸]	+	+	+	+	+	+	

ترکمنستان [۲۹]	–	–	–	–	–	–	
بلاروس [۳۰]	+	+	+	–	+	+	
حوزهٔ NA							
کانادا [۳۱]	+	+	+	+	+	+	
ایالات‌متحدهٔ آمریکا [۳۲]	+	+	+	+	+	+	
حوزهٔ SEE							
آلبانی [۷]	–	+	+	+	+	+	
مقدونیه [۳۳]	+	+	+	+	+	+	
صربستان [۳۴]	+	+	+	+	+	+	
مونته‌نگرو [۳۵]	+	+	+	+	+	+	
بوسنی و هرزگوین [۳۶]	+	+	+	+	+	+	

کشورهای حوزهٔ EU قوانین متعددی در زمینهٔ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تأمین انرژی ساختمان وضع کرده‌اند [۱۰۹]. کشور پرتغال از سال ۲۰۱۵ به بعد استفاده از آبگرم‌کن‌های خورشیدی را برای تأمین آب گرم در ساختمان‌های جدید اجباری کرد. این کشور همچنین استانداردهای اختیاری متعددی در زمینهٔ استفاده از سیستم‌های تولید چندگانهٔ تولید هم‌زمان برق، سرمایش و گرمایش[1] (CCHP) برای افزایش بهره‌وری انرژی به مقررات خود در این سال اضافه کرد. گواهی‌نامه‌های ارائه‌شده برای ساختمان‌هایی که این استانداردها را رعایت کرده‌اند از رتبهٔ ارزیابی بالاتری برخوردار می‌شوند. استفاده از آبگرم‌کن‌های خورشیدی در مقررات ساختمان کشور آلمان نیز تا پیش از سال ۲۰۰۸ توصیه شده بود. اما از این سال به بعد، آلمان سیاست خود را تغییر داده و بر استفاده از دیگ‌های چگالشی گازی، پمپ‌های حرارتی و استفاده از سوخت زیست‌توده سرمایه‌گذاری بیشتری کرده است [۱۱۰].

مقررات ساختمان کشورهای حوزهٔ EUE به خلاف کشورهای حوزهٔEU بیشتر بر استفادهٔ تجهیزات با سوخت طبیعی به جای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تأکید کرده‌اند. برای مثال، جمهوری چک در راستای سیاست اشاعهٔ استفاده از تجهیزات با بهره‌وری انرژی زیاد در ساختمان، مکانیسم‌های مالی و مالیاتی ویژه‌ای در سال‌های اخیر راه‌اندازی کرده است که مردم را به صرف هزینهٔ بیشتر برای استفاده از تجهیزاتی مانند دیگ‌های بخار با بهره‌وری زیاد، پمپ حرارتی، سیستم تهویهٔ اجباری و سیستم‌های بازیابی حرارت ترغیب می‌کنند [۱۱۱]. استفاده از پمپ‌های حرارتی در کشور بلغارستان نیز به دلیل سیاست‌های ترویجی چند سال اخیر دولت در این زمینه

1. Combined Cooling, Heat, and Power (CCHP)

رونـق گرفتـه اسـت. در سـال ۲۰۱۸ ایـن کشـور در راسـتای افزایـش بهـره‌وری انـرژی در سـاختمان پـا را فراتـر گذاشـته و فقـط اسـتفادهٔ سـوخت گاز طبیعـی را بـرای دیگ‌هـای بخـار مجـاز کـرده اسـت [۱۱۲]. کشـور سـوئیس در میـان کشـورهای حـوزهٔ EU و EUE بهتریـن سیاسـت عملکـردی را بـه خـود اختصـاص می‌دهـد. ایـن کشـور سیاسـتی اتخـاذ کـرده اسـت کـه مـردم را بـه اسـتفادهٔ هم‌زمـان از انرژی‌هـای تجدیدپذیـر و تجهیـزات پربـازده در سـاختمان ترغیـب می‌کنـد [۱۱۳].

اشـاعهٔ فناوری‌هـای بهـره‌وری انـرژی در کشـورهای حـوزهٔ آسـیای مرکـزی شـدت کمتـری دارد و بـازار مربـوط بـه ایـن فناوری‌هـا نیـز همچنـان از نـوع بـازار نوپـا اسـت. کشـور ترکمنسـتان بـه عنـوان مثـال از زمـرهٔ ایـن کشـورها بـوده کـه به‌تازگـی بـازار مربـوط بـه فناوری‌هـای بهـره‌وری انـرژی در سـاختمان را راه‌انـدازی کـرده اسـت. امـا بـازار نوپـا در ایـن کشـور همچنـان تنـوع محصـول کمـی دارد. ارزیابی‌هـای صورت‌گرفتـه نشـان می‌دهنـد کشـورهای نزدیک‌تـر بـه اتحادیـهٔ اروپـا، همچنیـن کشـورهایی کـه سیاسـت‌های هماهنـگ بـا ایـن اتحادیـه را اتخـاذ کرده‌انـد (ماننـد بـلاروس، جمهـوری مولـداوی و اکرایـن) بیشـترین بازارهـای بالـغ در ایـن زمینـه را دارنـد. برخـی از ایـن کشـورها حتـی صنایـع مربـوط بـه تولیـد محلـی ایـن محصـولات را نیـز توسـعه داده‌انـد. بـرای مثـال، بـازار فناوری‌هـای بهـره‌وری انـرژی در جمهـوری مولـداوی بـا توجـه بـه سیاسـت‌های اتخاذشـده توسـط دولـت ایـن کشـور در سـال‌های اخیـر رونـق چشـم‌گیری داشـته اسـت. فـروش تجهیـزات وارداتـی بـه همـراه تولیـدات محلـی در ایـن بـازار رقابـت سـالمی را ایجـاد کـرده اسـت کـه باعـث ارتقـای کیفیـت تولیـدات محلـی ایـن کشـور در سـال‌های اخیـر نیـز شـده اسـت. کشـور ارمنسـتان نیـز در ایـن زمینـه تلاش‌هـای زیـادی کـرده اسـت و سیاسـت‌های ارتقـای بهـره‌وری انـرژی خـود را بـر توسـعهٔ نیروگاه‌هـای خورشـیدی متمرکـز کـرده اسـت. بـازار مربـوط بـه سـامانه‌های فتوولتائیـک و سیسـتم‌های حـرارت خورشـیدی در ایـن کشـور از نـوع بالـغ اسـت. در راسـتای ایـن سیاسـت، در سـال‌های اخیـر تقریبـاً ۱۰ شـرکت فعـال بـرای تأمیـن محصـولات مـورد نیـاز بـازار از خـارج از کشـور و تعـدادی شـرکت نیـز بـرای سـاخت پنل‌هـای فتوولتائیـک درون ایـن کشـور راه‌انـدازی شـده‌اند. مؤسسـه‌های مالـی نیـز در راسـتای حمایـت از فناوری‌هـای خورشـیدی در ایـن کشـور کمک‌هزینه‌هـای متعـددی را بـه خریـد و نصـب ایـن تجهیـزات در سـاختمان اختصـاص داده‌انـد. کشـور مونته‌نگـرو در دهـهٔ اخیـر سیاسـتی تحـت عنـوان «پـروژهٔ اسـتحصال انـرژی از چـوب» را اتخـاذ کـرد و در ایـن راسـتا از اشـاعه و توسـعهٔ بـازار دیگ‌هـای بخـار و اجاق‌هـای زیسـت‌توده حمایـت زیـادی کـرده اسـت [۱۱۴]. جـدول ۱۰ داده‌هـای مربـوط بـه فـروش سـالانهٔ فناوری‌هـای بهـره‌وری انـرژی استفاده‌شـده بـرای سـرمایش و گرمایـش سـاختمان را در کشـورهای بررسی‌شـده در سـال ۲۰۱۷ ارائـه می‌دهـد.

جدول ۱۰. اطلاعات فروش سالانهٔ تجهیزات سرمایش و گرمایش در کشورهای بررسی‌شده در سال ۲۰۱۷ [۱۱۵]

کشور/(سرانه مصرف)	سرانهٔ فروش سامانه‌های حرارت خورشیدی (مترمربع به ازای ۱۰۰۰ نفر)	سرانهٔ فروش سامانه‌های فتوولتائیک (کیلووات به ازای ۱۰۰۰ نفر)	سرانهٔ فروش دیگ‌های چگالشی (به ازای هر ۱۰۰۰ خانوار)	سرانهٔ فروش دیگ‌های زیست‌توده (به ازای هر ۱۰۰۰ خانوار)	سرانهٔ فروش اجاق گندله‌ای (به ازای هر ۱۰۰۰ خانوار)	سرانهٔ فروش پمپ حرارتی (به ازای هر ۱۰۰۰ خانوار)
بریتانیا	–	–	۵۳/۱	–	–	–
فرانسه	۳/۶	۵	۱۲	۰/۳۲	۳/۳	۱۱/۱
ایتالیا	۴/۹	۱۲/۸	۱۰/۲	–	۷/۸	۳۴/۸
سوئد	–	۰/۰۷	–	۰/۷۸	–	۸/۶
اسپانیا	۴/۹	۴۱/۴	–	۰/۰۷	۰/۷۶	۲/۸
اسلواکی	–	–	۳/۸	–	–	–
بلژیک	۵/۳	۱۷/۱	–	۰/۰۹	۰/۶۴	–
پرتغال	۵/۵	–	–	–	–	۱۸/۲
جمهوری چک	۷	–	۲/۴	۰/۶۱	۰/۱۲	۱/۷
لهستان	۷/۱	۰/۰۴	۷/۲	۰/۵۷	۱۲/۷	–
نروژ	–	–	–	–	–	۲۲/۵
هلند	–	–	۵۶/۶	–	–	۴/۳
لوکزامبورگ	۱۱/۵	–	–	–	–	۲/۹
آلمان	۱۲/۹	–	–	۰/۴۸	۰/۳۹	–
دانمارک	۲۰/۸	۰/۸۹	۴	۱/۷	–	۱/۸
اتریش	۲۱/۳	۴۲/۸	–	۳/۵	۰/۶۷	۵/۲

با توجه به داده‌های جدول یادشده، کشورهای هلند و بریتانیا بیشترین سرانهٔ فروش دیگ‌های چگالشی را به خود اختصاص می‌دهند. سرانهٔ فروش این نوع دیگ در سال ۲۰۱۷ در کشور هلند ۵۶/۶ واحد و در کشور بریتانیا ۵۳/۱ واحد به ازای هر یک هزار خانوار بوده است. این سطح از فروش دیگ‌های چگالشی به دلیل قوانین و استانداردهای سخت‌گیرانه اجباری است که در سال‌های اخیر توسط این کشورها تدوین شده است. به‌علاوه، کشور هلند استفاده از گاز طبیعی را برای گرمایش خانگی در سال‌های اخیر ممنوع کرده است که باعث استفادهٔ بیش از پیش از دیگ‌های چگالشی زیست‌توده و پمپ‌های حرارتی در این کشور شده است. در رابطه با دیگ‌های زیست‌توده، کشورهایی نظیر سوئد، دانمارک و اتریش بیشترین سرانهٔ فروش را به خود اختصاص می‌دهند. سرانهٔ فروش این دیگ‌ها در سال ۲۰۱۷ در کشورهای اتریش، دانمارک و سوئد به‌ترتیب ۳/۵، ۱/۷ و ۰/۷۸ واحد به ازای هر یک هزار خانوار بوده است. منابع غنی زیست‌توده در این جوامع سبب شده است که دیگ‌های زیست‌توده به‌عنوان تجهیزات بهره‌ور، به‌صرفه و دوست‌دار محیط زیست تلقی شوند. تقریباً ۴۶ درصد از اراضی کشور اتریش را جنگل تشکیل می‌دهد و بخش زیادی از جمعیت این کشور نیز روستایی هستند. از آنجا که دیگ‌های زیست‌توده در سیستم‌های

حرارت مرکزی استفاده می‌شوند، سرانهٔ فروش این نوع دیگ توسط سرانهٔ فروش سیستم‌های حرارت مرکزی محدود می‌شود. در سال ۲۰۱۷، تقریباً ۱۰۲۸۱ واحد دیگ گندله‌ای، ۵۷۴۵ واحد دیگ با سوخت چوب و ۳۴۷۷ واحد دیگ با سوخت تراشه چوب در بازار این کشور به فروش رفته است. در این سال همچنین ۲۴۵۴ واحد اجاق گندله‌ای، ۷۴۱۱ واحد اجاق بخت‌وپز با سوخت زیست‌توده و ۱۴۹۲۳ اجاق با سوخت چوب در بازار این کشور به فروش رسیده است. به بیان دیگر، این کشور در سال ۲۰۱۷ تقریباً ۹۵۲ میلیون یورو از ناحیهٔ دیگ‌های زیست‌توده و ۱۳۱ میلیون یورو از ناحیهٔ اجاق‌های زیست‌توده تولید ناخالص ملی داشته است. به‌علاوه، راه‌اندازی این بازار در سال‌های اخیر بیش از ۵ میلیون شغل به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم از سال ۱۹۸۰ تا کنون در این کشور خلق کرده است. شکوفایی این بازار موجب شده است که کشور اتریش نیز سیاست‌های تشویقی متنوعی را در راستای حمایت از این بازار ارائه دهد. این سیاست‌ها در سطح هر استان متفاوت است؛ اما به طور کلی، دولت اتریش در همهٔ استان‌ها حداقل ۳۰ درصد از هزینه‌های کل خرید و نصب تجهیزاتی نظیر سیستم‌های حرارت خورشیدی، پمپ‌های حرارتی، سیستم‌های زمین‌گرمایی و سیستم‌های زیست‌توده را در ساختمان متقبل می‌شود. کشور آلمان نیز سرمایه‌گذاری زیادی در زمینهٔ سیستم‌های زیست‌توده از سال ۲۰۰۱ تا کنون کرده است. تقریباً ۹ میلیون سیستم گرمایش چوبی در ساختمان‌های این کشور نصب شده است که یک‌پنجم از کل خانوارهای این کشور را شامل می‌شود. بیشتر این سیستم‌ها را اجاق‌های با سوخت چوب و سیستم‌های حرارت مرکزی با سوخت چوب تشکیل می‌دهد. سالانه تقریباً ۴۰۰ هزار واحد از این سیستم‌ها در کشور آلمان به فروش می‌رسد. شکوفایی بازار سیستم‌های زیست‌توده در این کشور به دلیل سیاست‌های این کشور در دو دههٔ اخیر بوده است. این کشور برای ارتقای بهره‌وری انرژی در ساختمان ۲ سیاست مالی در پیش گرفته است. صاحبان املاک می‌توانند از وام‌های کم‌بهره بلندمدت به میزان ۷۵ هزار یورو برای نوسازی ساختمان‌های خود استفاده کنند. در طرحی دیگر نیز دولت حداقل ۳۰ درصد از هزینه‌های خرید و نصب تجهیزات گرمایشی و سرمایشی که از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده کنند را پرداخت می‌کند [۱۱۴].

نتیجه‌گیری و ارائهٔ پیشنهادها

مقـررات سـاختمان ابـزار بسـیار مناسـبی بـرای ارتقـای بهـره‌وری انـرژی در سـطح کلان در بخـش سـاختمان بـه شـمار می‌آیـد. امـا تعـدد و تنـوع موجـود در ایـن مقـررات در سـطح جهـان همـواره در رابطـه بـا تأثیـر و اثربخشـی اسـتانداردهای تدوین‌شـده بـرای دسـت‌یابی بـه اهـداف کلان ملـی شـک و تردیـد ایجـاد کـرده اسـت. بنابرایـن، ایـن پژوهـش بـرای افزایـش آگاهـی و اشـاعهٔ موضـوع مهـم بهـره‌وری انـرژی در سـاختمان، مقـررات انـرژی در سـاختمان ۲۸ کشـور در ۵ حـوزهٔ جغرافیایـی مختلـف را ارائـه کـرد و ضعف‌هـا و قوت‌هـای آن‌هـا را بـرای ارتقـای بهـره‌وری انـرژی در سـاختمان بـه تصویـر کشـید.

ارزیابی‌هـای صورت‌گرفتـه نشـان می‌دهـد بخـش زیـادی از کشـورهای بررسی‌شـده از لحـاظ شـاخص‌های «پوشـش» و «سـخت‌گیری» مقـررات مدونـی دارنـد کـه حداقـل اجـرای بخشـی از آن جهـت رعایـت حداقل‌هـای لازم از لحـاظ بهـره‌وری انـرژی در انـواع مختلـف سـاختمان اجبـاری اسـت. در واقـع، بیشـتر ایـن کشـورها مقـررات مربوطـه را به‌گونـه‌ای تدویـن کرده‌انـد کـه حداقـل میـزان قابـل قبـول بهـره‌وری انـرژی از طریـق اسـتانداردهای الزامـی حاصـل شـود. اسـتانداردهای اختیـاری در ایـن مقـررات بیشـتر بـا هـدف دسـتیابی بـه سـطوح بالاتـر بهـره‌وری انـرژی تدویـن شـده‌اند. سیاسـت‌های مربوطـه به‌ویـژه در کشـورهای حـوزهٔ EU به‌گونـه‌ای تدویـن شـده‌اند کـه افـراد ذی‌ربـط اسـتانداردهای اختیـاری را در راسـتای ارتقـای بهـره‌وری انـرژی سـاختمان از طریـق طرح‌هـای تشـویقی ماننـد وام‌هـای بلندمـدت کم‌بهـره و یـا کمک‌هـای بلاعـوض اجرایـی کننـد. در حالـی کـه بسـیاری از ایـن کشـورها ایـن اسـتانداردها را بـرای تمـام انـواع مختلـف سـاختمان اعمـال می‌کننـد، مقـررات سـاختمان برخـی از ایـن کشـورها از پوشـش کمتـری برخـوردار بـوده و فقـط در رابطـه بـا سـاختمان‌های تجـاری و سـاختمان‌های جدیـد اعمـال می‌شـود. عـدم پوشـش کافـی سـاختمان‌ها در مقـررات فرصـت ارتقـای بهـره‌وری انـرژی را در سـاختمان‌های موجـود از بیـن می‌بـرد. از نظـر فنـی نیـز بسـیاری از ایـن کشـورها تمـام جنبه‌هـای مختلـف را بـرای ارتقـای بهـره‌وری انـرژی پوشـش داده‌انـد. البتـه کشـورهایی نظیـر گرجسـتان و ترکمنسـتان نیـز یافـت می‌شـوند کـه حتـی در رابطـه بـا جنبه‌هـای اساسـی نظیـر تهویـه، سـرمایش، گرمایـش و روشـنایی، مقـررات سـاختمان آن‌هـا هیچ‌گونـه الزامـی ندارنـد.

در بیشـتر ایـن کشـورها به‌ویـژه کشـورهای حوزه‌هـای EU و NA، سـاختمان‌های مختلـف ملـزم بـه دریافـت گواهی‌نامـهٔ انـرژی در ادوار مختلف‌انـد. سـاختمان‌های جدیـد قبـل از سـکونت و سـاختمان‌های موجـود در دوره‌هـای مختلـف ممیـزی انـرژی می‌شـوند و بـر اسـاس نظارت‌هـای صورت‌گرفتـه و اسـتانداردهای تدوین‌شـده، بـرای سـاختمان گواهی‌نامـهٔ انـرژی و برچسـب انـرژی صـادر می‌شـود. برخـی از ایـن کشـورها نظـام ثبـت ملـی اطلاعـات سـاختمان راه‌انـدازی کـرده تـا ثبـت و دسترسـی بـه داده‌هـای مربـوط بـه اطلاعـات سـالانهٔ مصـرف انـرژی سـاختمان را تسـهیل بخشـند. در ایـن زمینـه، مشـاهدات بیانگـر مشـکلات سـاختاری در مقـررات سـاختمانی کشـورهای حـوزهٔ EECCA اسـت. مکانیسـم ارائـهٔ گواهی‌نامـه در برخـی از ایـن کشـورها به‌کلـی تـا کنـون راه‌انـدازی نشـده اسـت. در برخـی از کشـورهای ارائه‌دهنـده

نیـز گواهی‌نامه‌هـای صادرشـده از نظـر شـاخص‌های «پوشـش» و «سـخت‌گیری»، همچنیـن کیفیـت و نظارت‌هـای مربوطـه بـا مشـکلات عدیـده همـراه اسـت. به‌عـلاوه، دولت‌هـای مربوطـه در بیشـتر مـوارد هیچ‌گونـه ابـزار سیاسـتی یـا مالـی بـرای تشـویق مـردم بـرای ارتقـای بهـره‌وری انـرژی سـاختمان ارائـه نمی‌دهنـد.

طرح‌هـای نظـارت و بازرسـی از ارکان اصلـی لازم بـرای ارتقـای بهـره‌وری انـرژی اسـت. جامع‌تریـن مقـررات سـاختمان در صورتـی کـه بـا نظـارت و بازرسـی جامـع همـراه نشـوند، کارایـی لازم را نخواهـد داشـت. ارزیابی‌هـا نشـان می‌دهـد کـه طرح‌هـای نظـارت بـر عملکـرد انـرژی در بیشـتر مـوارد بررسی‌شـده از کیفیـت مطلوبـی برخـوردار نیسـتند. ایـن طرح‌هـا در بازرسـی‌های تدوین‌شـده بیشـتر فقـط عملکـرد سیسـتم‌های تهویـه و دیگ‌هـای بخـار را در نظـر می‌گیرنـد. در برخـی از کشـورها، بازرسـی دوره‌ای از ایـن تجهیـزات در سـاختمان الزامـی اسـت. بـا این‌حـال، بازرسـی‌های صورت‌گرفتـه در بازه‌هـای طولانی‌مـدت صـورت می‌گیـرد کـه از کیفیـت بازرسـی می‌کاهـد.

کشـورهای حـوزۀ EECCA در رابطـه بـا لحـاظ کـردن الزامـات مربـوط بـه اسـتفاده از تجهیـزات و مصالـح سـاختمانی پربـازده نیـز ضعیـف عمـل کرده‌انـد. بسـیاری از ایـن کشـورها در توسـعۀ بـازار مربوطـه تـا کنـون هیـچ اقدامـی نکرده‌انـد. ایـن موضـوع ناشـی از سیاسـت‌های ناسـازگار در مـورد مشـوق مالـی، عـدم آگاهـی مصرف‌کننـدگان در رابطـه بـا مزایـای ایـن فناوری‌هـا، نقصـان در مقـررات سـاختمان و نبـود تخصـص فنـی در کشـورهای ایـن حـوزه اسـت. ایـن در حالـی اسـت کـه برخـی از کشـورهای بررسی‌شـده، بـا ارائـۀ سیاسـت‌های جامـع بـرای توسـعۀ مقـررات سـاختمان و بـا اسـتفاده از مکانیسـم‌های مالـی و اجرائـی مؤثـر بـه پیشـرفت درخـور توجهـی در اسـتقرار فناوری‌هـای بهـره‌وری انـرژی در مقـررات سـاختمان دسـت یافته‌انـد. اسـتفاده از ایـن سیاسـت‌ها موجـب افزایـش بهـره‌وری تجهیـزات، به‌ویـژه تجهیـزات سرمایشـی و گرمایشـی در کشـورهای توسـعه‌دهنده شـده اسـت. بخشـی از سیاسـت ایـن کشـورها مربـوط بـه توسـعۀ بـازار تجهیـزات بهـره‌ور می‌شـود. کشـورهای حمایت‌کننـده از تجهیـزات بهـره‌ور همـواره در سـال‌های اخیـر تـلاش کرده‌انـد تـا بـازار تولیـد و یـا حتـی واردات ایـن تجهیـزات را در کشـور راه‌انـدازی کننـد و بـرای شـکوفایی و بلـوغ آن تـلاش کننـد. در میـان بازارهـای نوپـا، بـازار مربـوط بـه پوسـته‌های سـاختمانی بـه نسـبت از شـکوفایی و بلـوغ بیشـتری در سـطح کشـورهای بررسی‌شـده برخـوردار اسـت. بـا این‌حـال میـزان بلـوغ ایـن بـازار در کشـورهای بررسی‌شـده متفـاوت اسـت.

اطلاعـات ارائه‌شـده در ایـن پژوهـش مرجـع جامعـی بـرای بازنگـری مقـررات سـاختمان نیسـت. بـا این‌حـال، ایـن تحقیـق چارچوبـی احتمالـی را بـرای پژوهش‌هـای بیشـتر در راسـتای بازنگـری مقـررات سـاختمان در کشـورهای بـا مراحـل توسـعۀ مشـابه، ریشـه‌های فرهنگـی مشـترک و آب‌وهـوای مشـابه ارائـه می‌دهـد. ایـن پژوهـش بـر اسـاس ارزیابی‌هـای صورت‌گرفتـه توصیه‌هـای زیـر را بـرای توسـعه و بازنگـری در مقـررات انـرژی ارائـه می‌دهـد:

۱- در راسـتای افزایـش هماهنگ‌سـازی بایـد از پوشـش جامـع انـواع کاربـری در مقـررات سـاختمان اطمینـان حاصـل کـرد.

۲- در راستای افزایش هماهنگی در مقررات ساختمانی باید توجه بیشتری به الزامات مربوط به عایق‌کاری، تهویه و تأسیسات مکانیکی و برقی صورت گیرد. در این راستا بازنگری باید به‌گونه‌ای صورت پذیرد و استانداردهایی تدوین شود که،

- از هوابندی پوسته‌های ساختمان اطمینان حاصل شود.
- الزامات مربوط به تهویهٔ مطبوع، روشنایی، استفاده از سامانه‌های خورشیدی و دیگر گونه‌های انرژی تجدیدپذیر و استفاده از روشنایی روز در مقررات ساختمان لحاظ شود.
- بازرسی دوره‌ای از دیگ‌های بخار و سیستم‌های تهویهٔ مطبوع به‌ویژه در ساختمان‌های آپارتمانی اجباری شود، به‌گونه‌ای که بتوان از دقت گواهی‌نامه‌های انرژی صادرشده اطمینان حاصل کرد.

۳- باید الزامات مربوط به تضمین کیفیت انرژی ساختمان، به‌ویژه در مراحل اولیه فرایند صدور گواهی‌نامهٔ انرژی را در مقررات ساختمان معرفی یا تقویت کرد. در راستای تضمین کیفیت با بازرسی‌های دوره‌ای نکات زیر باید در بازنگری مورد توجه قرار گیرد:

- بازرسی باید به صورت حضوری و در مکان صورت گیرد.
- بین مقررات ساختمان و گواهی‌نامه‌های انرژی صادرشده باید هماهنگی وجود داشته باشد. کلاس انرژی ساختمان در گواهی‌نامه‌های انرژی باید بر اساس الزامات و استانداردهای ارائه‌شده توسط مقررات ساختمان مشخص و صادر شود.
- در گواهی‌نامه‌های انرژی فقط نباید سیستم‌های تهویهٔ مطبوع و دیگ‌های بخار را در نظر گرفت. برای ارتقای بهره‌وری انرژی باید سیستم‌های سرمایشی، گرمایشی و روشنایی را در گواهی‌نامه‌های انرژی نیز لحاظ کرد.
- برای ارائه و صدور گواهی‌نامهٔ انرژی باید یک پایگاه ثبت اطلاعات ملی ساختمان راه‌اندازی کرد.

۴- لحاظ کردن ساختمان‌های موجود در پوشش مقررات ساختمانی از اهمیت بسزایی برخوردار است. در راستای بازنگری مقررات ساختمان باید مطالعهٔ جامعی از شکاف عملکرد انرژی در ساختمان‌های موجود کشور صورت پذیرد تا بتوان توسط بازرسی‌های دوره‌ای و نظارت بهره‌وری انرژی در آن‌ها را افزایش داد.

۵- مکانیسم‌های بازرسی باید با استفاده از متخصصان واجد شرایط و سیستم‌های بازرسی مناسب، فرایندهای اجرای استانداردها و کنترل کیفیت را تقویت کنند تا بتوان از انطباق عملکرد بر اساس استانداردهای ساختمانی اطمینان حاصل کرد. در این راستا، باید اقدامات لازم را برای ایجاد بازرسی منظم از دیگ‌های بخار و سیستم‌های تهویهٔ مطبوع را در مقررات انرژی ساختمان به عنوان حداقل‌های لازم در نظر گرفت.

۶- مقررات ساختمانی باید مکانیسمی ارائه دهند که بتوان با استفاده از آزمایشگاه‌های معتبر از کیفیت مصالح و تجهیزات به‌کاررفته در ساختمان اطمینان حاصل کرد.

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان بر اجرای استانداردهای تدوین‌شده برای ارتقای بهره‌وری انرژی در ساختمان تأکید دارد. ویرایش جدید این مبحث، با مرتفع کردن مشکلات ویرایش قبلی، مجموعهٔ کاملی از مقررات وابسته به بهینه‌سازی مصرف انرژی، با توجه ویژه به ساختمان‌های کم‌مصرف و مصرف صفر، ارائه می‌کند. با این‌وجود، این ویرایش نیز همانند ویرایش قبلی از استقبال زیادی برخوردار نشده است. اجرا کردن مقررات این مبحث، به‌ویژه مقررات مربوط به عایق‌کاری ساختمان، منجر به کاهش متراژ و افزایش هزینهٔ تمام‌شده ساخت‌وساز می‌شود. سازندگان در حالت فعلی از سود کمتری در انبوه‌سازی‌ها برخوردار می‌شوند، مایل به خروج از بازار مسکن می‌شوند. خروج سرمایه از بازار مسکن با کاهش تولید همراه است که در نهایت، منجر به کاهش درآمد شهرداری‌ها از محل صدور پروانه‌های ساختمانی می‌شود. بنابراین، این موضوع در حالت فعلی خوشایند تولیدکنندگان و شهرداری‌ها نیست. یکی از راه حل‌های موجود برای حصول اطمینان از اجرایی شدن مقررات مبحث ۱۹، ملزم کردن شهرداری ها به صدور پایان کار منوط به رعایت مقررات این مبحث در ساخت‌وسازهای جدید است. دولت نیز در راستای حمایت از مردم، باید از طریق سیاست‌های مناسب مانند مشوق‌های مالیاتی و وام‌های کم‌بهره، انگیزهٔ لازم را برای ارتقای بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها ایجاد کنند. تجاربی مانند کشور سوئیس نشان می‌دهد که با تدوین مقررات ساختمان کارآمد و اتخاذ سیاست‌های تکمیلی در راستای حمایت از آن می‌توان علاوه بر اهداف صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار، برای دستیابی به اهداف کلان اقتصادی نظیر افزایش تولید و خلق شغل نیز تلاش کرد. نتایج این پژوهش به‌وضوح نشان می‌دهد کشورهایی در زمینهٔ ارتقای بهره‌وری انرژی در ساختمان موفق عمل کرده‌اند که در کنار تدوین مقررات جامع، سیاست‌های اقتصادی و بازاری متناسب با آن را نیز اتخاذ کرده‌اند. بنابراین، از این منظر، توجه به توسعهٔ بازار مصالح و تجهیزات بهره‌ور در کنار قوانین کارآمد برای ارتقای بهره‌وری انرژی امری ضروری است.

منابع

1. Laustsen, J., Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings. IEA Information Paper. 2008.
2. Duthinh, D. and D. Duthinh, Structural design for fire: A survey of building codes and standards. 2014: US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.
3. Salmen, J.P., US accessibility codes and standards: Challenges for universal design. 2001, New York, McGraw-Hill.
4. Mitchell, D., et al., Evolution of seismic design provisions in the National building code of Canada. Canadian Journal of Civil Engineering, 2010. 37(9): p. 1157-1170.
5. Rutešić, S., et al., Institutional framework, current investments and future strategic direction for development of construction sector in Montenegro. Procedia Engineering, 2015. 117: p. 637-645.
6. Ademovic, N., M. Hrasnica, and D.V. Oliveira, Pushover analysis and failure pattern of a typical masonry residential building in Bosnia and Herzegovina. Engineering Structures, 2013. 50: p. 13-29.
7. Simaku, G., Albanian Building Stock Typology and Energy Building Code in Progress Towards National Calculation Methodology of Performance on Heating and Cooling. European Journal of Multidisciplinary Studies, 2017. 2(5): p. 13-35.
8. Klass, A.B., State Standards for Nationwide Products Revisited: Federalism, Green Building Codes, and Appliance Efficiency Standards. Harv. Envtl. L. Rev., 2010. 34: p. 335.
9. Kochhar, P.S., F. Thung, and D. Lo. Code coverage and test suite effectiveness: Empirical study with real bugs in large systems. in 2015 IEEE 22nd international conference on software analysis, evolution, and reengineering (SANER). 2015. IEEE.
10. GOV.UK. Building Regulations and Approved Documents index. 2020; Available from: https://www.gov.uk/guidance/building-regulations-and-approved-documents-index.
11. buildup.eu. Spanish Technical Building Code. 2020; Available from: https://www.buildup.eu/en/practices/publications/spanish-technical-building-code-order-fom16352013-10th-september-2013.
12. eesi.org. The Swiss Sustainable Building Standard – International Perspective. 2020; Available from: https://www.eesi.org/files/beglinger_100709.pdf.
13. internations.org. Current Portuguese Building Regulations (Lisbon). 2020; Available from:https://www.internations.org/lisbon-expats/forum/current-portuguese-building-regulations-132974.
14. bcapcodes.org. Italy | The Building Codes Assistance Project. 2020; Available from: http://bcapcodes.org/code-status/country/italy/.
15. bcapcodes.org. France | The Building Codes Assistance Project. 2020; Available from:http://bcapcodes.org/code-status/country/france/.
16. germanlawarchive. Federal Building Code (Baugesetzbuch, BauGB). 2020; Available from: https://germanlawarchive.iuscomp.org/?p=649.

17. buildup.eu. Analysis of the national status quo - Slovakia 2020; Available from: http://www.buildup.eu/sites/default/files/bus_projects/bussk-sqa-slovakia_0.pdf.
18. buildup.eu. Implementation of the EPBD in Croatia. 2020; Available from: http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/ca3-2016-national-croatia-web.pdf.
19. cka.cz. GENERAL DESIGN STANDARDS FRAMEWORK IN THE CZECH REPUBLIC. 2020; Available from: https://www.cka.cz/cs/media/prilohy/prilohy_standardy/case-study-for-ace_web.pdf.
20. epbd-ca.eu. EPBD implementation in Bulgaria. 2020; Available from: http://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2018/08/CA-EPBD-IV-Bulgaria-2018.pdf.
21. dca.ga.gov. Georgia State Amendments to the International Building Code (2018 Edition). 2020; Available from: https://www.dca.ga.gov/sites/default/files/ibc_2020_amendments.pdf.
22. ilo.org. THE CONTRAVENTION CODE OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA. 2020; Available from: https://www.ilo.org/dyn/natlex/docs/ELECTRONIC/86500/97673/F144678591/MDA86500.pdf.
23. Issuu.com. Azerbaijan building regulations (catalog) by Zang417. 2020; Available from: https://issuu.com/zang417/docs/azerbaijan_building_regulations__ca.
24. urdisc.com.ua. Development of Codes and Standards in the field of construction metal engineering. 2020; Available from: https://urdisc.com.ua/engl/rl/stand.html.
25. unece.org. Energy efficiency requirements in buildings of Russian Federation. 2020; Available from: https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/geee/Workshop_St._Petersburg_Sept.18/5_sept/Fadeev.pdf.
26. energycharter. Armenian Building Energy Efficiency enforcement evaluation and comparison with best practice in European Union Member States. 2020; Available from:http://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/EU4Energy/20170928_JL-AM-Summary-Report_Building_Codes_Compliance-formated.pdf.
27. faolex.fao. Republic of Kazakhstan: Energy-Efficient Design and Construction of Residential Buildings 2020; Available from: http://faolex.fao.org/docs/texts/kaz41426E.doc.
28. unece. COUNTRY PROFILES ON HOUSING AND LAND MANAGEMENT: UZBEKISTAN. 2020; Available from: https://unece.org/fileadmin/DAM/hlm/sessions/docs2015/informal_notes/ECE_HBP_185_CP_UZBEKISTAN.final.pdf.
29. refworld. CONSTITUTIONAL LAW OF TURKMENISTAN. 2020; Available from:https://www.refworld.org/pdfid/3df0739a4.pdf.
30. bef-de. Energy efficient residential buildings in Belarus: Analysis and recommendation. 2020; Available from: https://www.bef-de.org/wp-content/uploads/2019/06/2016-02_ENERGY_EnergyEfficientResidentialBuildings.pdf.
31. nrc.canada. National Building Code of Canada. 2020; Available from: https://nrc.canada.ca/en/certifications-evaluations-standards/codes-canada/codes-canada-publications/national-building-code-canada.
32. govinfo. AMERICAN STANDARD BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR MINIMUM DESIGN LOADS IN BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES. 2020; Available from: https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-C13-31061e9f4ea-025b34a27c3668dafb6cc/pdf/GOVPUB-C13-31061e9f4ea025b34a27c3668dafb6cc.

pdf.
33. codelibrary. PART THIRTEEN - BUILDING CODE. 2020; Available from: https://codelibrary.amlegal.com/codes/macedonia/latest/macedonia_oh/0-0-0-16408.
34. siepa.gov. LAW ON PLANNING AND CONSTRUCTION. 2020; Available from: http://www.siepa.gov.rs/files/pdf/Law_on_Planning_and_Construction.pdf.
35. gov.me. Montenegro Spatial Planning and ConstructionAct. 2020; Available from: https://www.gov.me/dokumenta/0c6bcfb6-589c-4951-98a6-e439b60093d9.
36. fmpu.gov. Decree on conducting energy audits and issuing energy certificates. 2020; Available from: https://fmpu.gov.ba/wp-content/uploads/2020/08/Uredba-o-provo%C4%91enju-energijskih-audita-i-izdavanju-energijskog-certifikata-SNF-BiH-br-87-18-compressed.pdf.
37. Botta, E. and T. Koźluk, Measuring environmental policy stringency in OECD countries: A composite index approach. 2014.
38. Berry, S. and K. Davidson, Improving the economics of building energy code change: A review of the inputs and assumptions of economic models. Renewable and sustainable energy reviews, 2016. 58: p. 157-166.
39. Velicogna, M., A. Errera, and S. Derlange, Building e-justice in Continental Europe: the TéléRecours experience in France. Utrecht L. Rev., 2013. 9: p. 38.
40. Çelebi, M., et al., Response study of the tallest California building inferred from the Mw7. 1 Ridgecrest, California earthquake of 5 July 2019 and ambient motions. Earthquake Spectra, 2020. 36(3): p. 1096-1118.
41. Melkumyan, M., V. Mihul, and E. Gevorgyan. Retrofitting by base isolation of existing buildings in Armenia and in Romania and comparative analysis of innovative vs. conventional retrofitting. in 3rd International Conf. on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering. 2011.
42. Marković, M., The potential of descriptive building quality specifications as an alternative to the detailed calculation. 2017, Wien.
43. Lee, J., et al., Impact of external insulation and internal thermal density upon energy consumption of buildings in a temperate climate with four distinct seasons. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. 75: p. 1081-1088.
44. Gelfand, S.N., From air-conditioning to clotheslines: dynamic conditions and the nature of energy modeling for code compliance. 2014.
45. Evans, M., V. Roshchanka, and P. Graham, An international survey of building energy codes and their implementation. Journal of cleaner production, 2017. 158: p. 382-389.
46. Arslan, S. and A. Kanoglu, Performance-Based Building: Key Concepts, Opportunities, Barriers and Paradigm of Proposed Solution. Advances in Social Sciences Research Journal, 2018. 5(3): p. 407-417.
47. Baniassadi, A., J. Heusinger, and D.J. Sailor, Energy efficiency vs resiliency to extreme heat and power outages: The role of evolving building energy codes. Building and Environment, 2018. 139: p. 86-94.
48. Pérez-Lombard, L., et al., A review of HVAC systems requirements in building energy regulations. Energy and buildings, 2011. 43(2-3): p. 255-268.
49. O'Brien, W., et al., An international review of occupant-related aspects of building energy codes and standards. Building and Environment, 2020. 179: p. 106906.

50. Kotchen, M.J., Longer-run evidence on whether building energy codes reduce residential energy consumption. Journal of the Association of Environmental and Resource Economists, 2017. 4(1): p. 135-153.

51. Stellberg, S., Assessment of energy efficiency achievable from improved compliance with US building energy codes: 2013–2030. Institute for Market Transformation, 2013.

52. Bakar, N.N.A., et al., Energy efficiency index as an indicator for measuring building energy performance: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. 44: p. 1-11.

53. Committee, A. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-05) and commentary (ACI 318R-05). 2005. American Concrete Institute.

54. Committee, A. and I.O.f. Standardization. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-08) and commentary. 2008. American Concrete Institute.

55. Tan, X., A. Hammad, and P. Fazio, Automated code compliance checking for building envelope design. Journal of Computing in Civil Engineering, 2010. 24(2): p. 203-211.

56. Dimyadi, J. and R. Amor, Automated building code compliance checking–where is it at. Proceedings of CIB WBC, 2013. 6: p. 1.

57. Kaiser, M.J. and A.G. Pulsipher, Preliminary assessment of the Louisiana Home Energy Rebate Offer program using IPMVP guidelines. Applied Energy, 2010. 87(2): p. 691-702.

58. Günay, C. and V. Dzihic, Decoding the authoritarian code: Exercising 'legitimate'power politics through the ruling parties in Turkey, Macedonia and Serbia. Southeast European and Black Sea Studies, 2016. 16(4): p. 529-549.

59. Asplund, K., et al., The Riks-Stroke story: building a sustainable national register for quality assessment of stroke care. International Journal of Stroke, 2011. 6(2): p. 99-108.

60. Haughey, P. and V. Basolo, The Effect of dual local and national register historic district designations on single-family housing prices in New Orleans. The Appraisal Journal, 2000. 68(3): p. 283.

61. Enkhbat, G., The Creation of a Registration and Information Database for Cultural Heritage in Mongolia, in New Horizons for Asian Museums and Museology. 2016, Springer, Singapore. p. 71-88.

62. Syed, T., Identifying Mass Timber Research Priorities, Barriers to Adoption and Engineering, Procurement and Construction Challenges In Canada. 2020.

63. Pérez-Lombard, L., et al., A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. Energy and Buildings, 2009. 41(3): p. 272-278.

64. Katunsky, D., et al., Analysis of thermal energy demand and saving in industrial buildings: A case study in Slovakia. Building and Environment, 2013. 67: p. 138-146.

65. Benuzh, A. and V. Telichenko. Selection of the most appropriate and energy-efficient scheme for Russia between BREEAM and LEED. in Advanced Materials Research. 2015. Trans Tech Publ.

66. Matocha, K., Material Selection Methodology Used in Czech NPP. Journal of pressure vessel technology, 2011. 133(1).

67. Cotana, F. and M. Goretti. Energetic and Environmental Certification of Building Materials. in Proceedings of the 1st International Congress on Built Environment and Sustainable Development "MACDES. 2008.

68. Ching, F.D. and S.R. Winkel, Building codes illustrated: A guide to understanding the 2018 international building code. 2018: John Wiley & Sons.

69. Annunziata, E., F. Rizzi, and M. Frey, Enhancing energy efficiency in public buildings: The role of local energy audit programmes. Energy Policy, 2014. 69: p. 364-373.

70. Preidel, C. and A. Borrmann, Towards code compliance checking on the basis of a visual programming language. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 2016. 21(25): p. 402-421.

71. Zhang, J. and N.M. El-Gohary, Automated information transformation for automated regulatory compliance checking in construction. Journal of Computing in Civil Engineering, 2015. 29(4): p. B4015001.

72. Zhang, J. and N.M. El-Gohary, Integrating semantic NLP and logic reasoning into a unified system for fully-automated code checking. Automation in construction, 2017. 73: p. 45-57.

73. Wood, C., I. Brocklebank, and D. Pickles, Energy Efficiency and Historic Buildings Application of Part L of the Building Regulations to historic and traditionally constructed buildings. 2010, English Heritage.

74. Ahmad, M.W., et al., Building energy metering and environmental monitoring–A state-of-the-art review and directions for future research. Energy and Buildings, 2016. 120: p. 85-102.

75. Organization, W.H., Monitoring the building blocks of health systems: a handbook of indicators and their measurement strategies. 2010: World Health Organization.

76. Kokona, E., H. Kokona, and H. Cullufi, Comparative analysis of dynamic solutions using Albanian Seismic Code KTP-89 and Eurocode 8. 2016.

77. Baba, F. and H. Ge, Dynamic effect of balcony thermal bridges on the energy performance of a high-rise residential building in Canada. Energy and Buildings, 2016. 116: p. 78-88.

78. Verhetsel, A., et al., Housing preferences among students: collective housing versus individual accommodations? A stated preference study in Antwerp (Belgium). Journal of Housing and the Built Environment, 2017. 32(3): p. 449-470.

79. Meyer, N.I., B.V. Mathiesen, and F. Hvelplund, Barriers and potential solutions for energy renovation of buildings in Denmark. International Journal of Sustainable Energy Planning and Management, 2014. 1: p. 59-66.

80. Jensen, J.S., Framing of regimes and transition strategies: An application to housing construction in Denmark. Environmental Innovation and Societal Transitions, 2012. 4: p. 51-62.

81. Monzón-Chavarrías, M., et al., The nZEB concept and its requirements for residential buildings renovation in Southern Europe: The case of multi-family buildings from 1961 to 1980 in Portugal and Spain. Journal of Building Engineering, 2021. 34: p. 101918.

82. Marwick, A., The sixties: cultural revolution in Britain, France, Italy, and the United States, c. 1958-c. 1974. 2011: A&C Black.

83. Parsy, F. and G. Guyot, Performance-based assessment methods for ventilation systems: Overview of on-going work in France and in Europe.
84. Derbez, M., et al., Indoor air quality and comfort in seven newly built, energy-efficient houses in France. Building and Environment, 2014. 72: p. 173-187.
85. Bloxham, S., Building "standards" frameworks. Reconceptualising feedback in higher education: Developing dialogue with students, 2013: p. 64-74.
86. Iwaro, J. and A. Mwasha, A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. Energy Policy, 2010. 38(12): p. 7744-7755.
87. O'Brien, W., et al., Introducing IEA EBC Annex 79: Key challenges and opportunities in the field of occupant-centric building design and operation. Building and Environment, 2020. 178: p. 106738.
88. Yan, D., et al., IEA EBC Annex 66: Definition and simulation of occupant behavior in buildings. Energy and Buildings, 2017. 156: p. 258-270.
89. Billington, M.J., et al., The building regulations: explained and illustrated. 2017: John Wiley & Sons.
90. Rosenow, J. and R. Galvin, Evaluating the evaluations: Evidence from energy efficiency programmes in Germany and the UK. Energy and Buildings, 2013. 62: p. 450-458.
91. Berardi, U., Building energy consumption in US, EU, and BRIC countries. Procedia engineering, 2015. 118: p. 128-136.
92. Sherman, M.H. and I.S. Walker, Meeting residential ventilation standards through dynamic control of ventilation systems. Energy and Buildings, 2011. 43(8): p. 1904-1912.
93. Chenari, B., J.D. Carrilho, and M.G. da Silva, Towards sustainable, energy-efficient and healthy ventilation strategies in buildings: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. 59: p. 1426-1447.
94. Gangolells, M., et al., Energy mapping of existing building stock in Spain. Journal of Cleaner Production, 2016. 112: p. 3895-3904.
95. Mata, É., A.S. Kalagasidis, and F. Johnsson, Building-stock aggregation through archetype buildings: France, Germany, Spain and the UK. Building and Environment, 2014. 81: p. 270-282.
96. Sadineni, S.B., S. Madala, and R.F. Boehm, Passive building energy savings: A review of building envelope components. Renewable and sustainable energy reviews, 2011. 15(8): p. 3617-3631.
97. Wu, Z., B. Wang, and X. Xia, Large-scale building energy efficiency retrofit: Concept, model and control. Energy, 2016. 109: p. 456-465.
98. Dodoo, A., L. Gustavsson, and R. Sathre, Building energy-efficiency standards in a life cycle primary energy perspective. Energy and Buildings, 2011. 43(7): p. 1589-1597.
99. Yu, S., et al., Improving building energy efficiency in India: State-level analysis of building energy efficiency policies. Energy Policy, 2017. 110: p. 331-341.
100. Toleikyte, A., et al., Scenarios of energy demand and uptake of renovation activities in the EU commercial building sector. 2017.
101. Rhee, P., Beyond green: environmental building technologies for social and eco-

nomic equity. Architectural Design, 2018. 88(4): p. 94-101.
102. LaFrance, M., Technology Roadmap: Energy efficient building envelopes. Paris: IEA, 2013.
103. Zebra2020. Energy efficiency trends in buildings - sales of thermal insulation materials. 2020; Available from: https://zebra-monitoring.enerdata.net/overall-building-activities/share-of-new-dwellings-in-residential-stock.html#sales-of-polyurethane-in-kg-per-1000-capita.html.
104. Islam, R., T.H. Nazifa, and S.F. Mohamed, Factors influencing facilities management cost performance in building projects. Journal of Performance of Constructed Facilities, 2019. 33(3): p. 04019036.
105. Noonan, D.S., L.-H.C. Hsieh, and D. Matisoff, Spatial effects in energy-efficient residential HVAC technology adoption. Environment and Behavior, 2013. 45(4): p. 476-503.
106. Jazaeri, J., R.L. Gordon, and T. Alpcan, Influence of building envelopes, climates, and occupancy patterns on residential HVAC demand. Journal of Building Engineering, 2019. 22: p. 33-47.
107. Bai, L., et al., A new approach to develop a climate classification for building energy efficiency addressing Chinese climate characteristics. Energy, 2020. 195: p. 116982.
108. Jazizadeh, F., V. Joshi, and F. Battaglia, Adaptive and distributed operation of HVAC systems: Energy and comfort implications of active diffusers as new adaptation capacities. Building and Environment, 2020. 186: p. 107089.
109. Chel, A. and G. Kaushik, Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building. Alexandria Engineering Journal, 2018. 57(2): p. 655-669.
110. Sussman, E., Reshaping municipal and county laws to foster green building, energy efficiency, and renewable energy. NYU Envtl. LJ, 2008. 16: p. 1.
111. Lorencová, E.K., et al., Stakeholder engagement and institutional context features of the ecosystem-based approaches in urban adaptation planning in the Czech Republic. Urban Forestry & Urban Greening, 2021. 58: p. 126955.
112. CODES, B., A policy roadmap for implementing nZEB buildings in Bulgaria.
113. Le Guen, M., et al., Improving the energy sustainability of a Swiss village through building renovation and renewable energy integration. Energy and Buildings, 2018. 158: p. 906-923.
114. Hullin, M., et al., UNECE renewable energy status report 2017.
115. Zebra2020. Energy efficiency trends in buildings - sales of heating solution equipment 2020; Available from: https://zebra-monitoring.enerdata.net/overall-building-activities/share-of-new-dwellings-in-residential-stock.html#sales-of-heat-pumps-per-1000-dwellings.html.

بی‌توجهی به سیاست‌گذاری و یا عدم پیگیری سیاست‌های تدوین‌شده در زمینهٔ مقررات انرژی ساختمان، خسارت‌های سنگینی برای جوامع در پی دارد. مجموع کشورهای بدون سیاست جامع و برنامه‌ریزی در این زمینه، مصرف‌کنندهٔ بیش از یک‌سوم از کل انرژی جهان هستند. شاید ساختمان‌ها سهم کمتری در بروز پدیدهٔ گرمایش جهانی داشته باشند، ولی نقش مهمی در بروز پدیدهٔ گرمایش شهری دارند. از این منظر، حیات و سلامت ما ساکنان شهر به آن‌ها وابسته است. امید است که بیش از پیش در صرفه‌جویی انرژی در ساختمان کوشا باشیم. در این پژوهش مقررات ساختمانی ۲۸ کشور در ۵ حوزهٔ مختلف ارزیابی شده و عناصر اصلی، الزامات فنی، مکانیسم‌های نظارت و انطباق، سیاست‌های حمایتی و تنبیهی و فناوری‌های نوآورانه‌ای که به‌طور مشخص برای ارتقای بهره‌وری انرژی در ساختمان مورد استفاده قرار می‌دهند، معرفی می‌شود. در پایان نیز این پژوهش بر اساس ارزیابی‌های صورت‌گرفته پیشنهادهایی برای ارتقای مقررات انرژی ارائه می‌دهد.

«به منظور حفاظت از محیط‌زیست، گزارش صرفاً به تعداد محدود چاپ شده است. فایل الکترونیکی از سایت مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران و یا اسکن کد تصویری قابل دریافت است»

rpc.tehran.ir

مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران